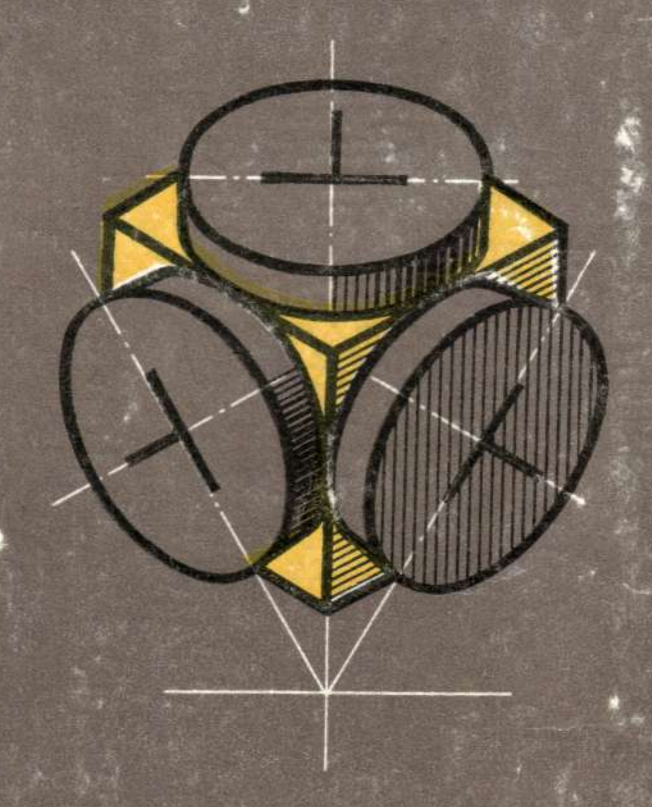


А. М. Хаскин

ЧЕРЧЕНИЕ

А. М. Хаскин

ЧЕРЧЕНИЕ

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования УССР как учебник для учащихся техникумов



ИЗДАТЕЛЬСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ВИЩА ШКОЛА»
ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
КИЕВ — 1974

607
Х24

УДК 741/744 (075.8)

Черчение. Хаскин А. М. Издательское объединение «Вища школа», 1974, 448 с.

В учебнике изложены основы геометрического и проекционного черчения, технического рисования, машиностроительного черчения и некоторые вопросы строительного черчения. Использованы Государственные стандарты «Единой системы конструкторской документации», утвержденные в 1968—1973 гг. Каждая тема заканчивается картой программированного контроля, которая дает возможность проверить и закрепить приобретенные знания.

Книга написана по программе, утвержденной Учебно-методическим управлением Министерства высшего и среднего специального образования СССР, и предназначена в качестве учебника для учащихся всех (кроме строительных) специальностей техникумов. Учащиеся строительных техникумов могут использовать ее для изучения общей части курса черчения. Учебник может быть использован также студентами высших технических учебных заведений и учащимися профтехникол.

По сравнению с книгой автора «Креслення», вышедшей в 1972 г. на украинском языке, в данную книгу внесены изменения в соответствии с утвержденными вновь ГОСТами.

Табл. 23. Ил. 416. Библиогр. 22.

Перевод с украинского издания (Вища школа»,К ., 1972 г.)

Редакция литературы по машиностроению и приборостроению
Зав. редакцией *О. А. Добровольский*

Х $\frac{30105 - 324}{М211(04)-74}$ 125—74

ПРЕДИСЛОВИЕ

Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. предусмотрены высокие темпы развития социалистического производства, повышение его эффективности, техническое оснащение промышленности новейшими машинами и механизмами, комплексная механизация технологических процессов, значительный подъем материального и культурного уровня жизни народа. Постоянно возрастающие темпы научно-технической революции требуют непрерывной подготовки большого количества высококвалифицированных специалистов высшей и средней технической квалификации.

Чертеж, как известно, является международным языком техники. При помощи чертежа инженер или техник передает свои идеи, мысли, а рабочий осуществляет их в изделии. Эффективное освоение современного оборудования немыслимо без понимания чертежей, схем и других конструкторских документов.

Задачей курса черчения в техникуме является изучение учащимися теоретических основ по геометрическому и проекционному черчению, начертательной геометрии и техническому рисованию, машиностроительному и строительному черчению, а также приобретение практических навыков по технике выполнения чертежей. В результате изучения предмета «Черчение» учащиеся должны свободно читать чертежи и правильно выражать техническую мысль при помощи эскиза, чертежа, схемы и технического рисунка.

Учебник составлен по программе для средних специальных учебных заведений, утвержденной Учебно-методическим управлением при МВ и ССО СССР. Особое внимание уделено проекционному и машиностроительному черчению, имеющим наибольшее значение в подготовке техника к конструкторской работе. Написан учебник в полном соответствии с Государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Теоретические положения курса проиллюстрированы множеством чертежей, выполненных не только в комплексных, но и в аксонометрических проекциях. Поскольку учащиеся техникумов, приходящие из общеобразовательной школы, недостаточно ознакомлены с элементами технологии производства, деталями машин, технической механикой и др., в учебник включен необходимый для изучения курса материал.

Каждый параграф заканчивается вопросами для самопроверки и картой программированного контроля, дающими возможность закрепить материал и проверить приобретенные знания.

По сравнению с вышедшей в 1972 г. на украинском языке книгой автора «Креслення», в этом издании переработан материал по крепежным деталям и соединениям, по сварным соединениям и зубчатым передачам. Существенно изменено построение и содержание тем «Рабочие чертежи» и «Эскизы», а также сделаны некоторые другие исправления.

Автор выражает глубокую благодарность коллективам преподавателей кафедр начертательной геометрии и черчения Киевского, Донецкого, Харьковского, Горьковского, Белорусского политехнических институтов и преподавателям многих техникумов, приславшим отзывы на издание учебника на украинском языке и внесшим много ценных предложений и поправок.

Отзывы и пожелания по данной книге просим присылать по адресу 252054, Киев, 54, Гоголевская, 7, Головное издательство издательского объединения «Вища школа».

Раздел I

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

§ 1. ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Бумага. Для выполнения чертежей и рисунков употребляют чертежную бумагу. Одна сторона этой бумаги гладкая, другая — шероховатая. На гладкой стороне чертят, на шероховатой — рисуют. Для копирования чертежей и последующего изготовления светокопий применяется тонкая прозрачная бумага — калька. Схемы, диаграммы, графики и эскизы выполняют на миллиметровой или обычной писчей бумаге.

Карандаши. От правильного выбора и умелого пользования чертежными карандашами в значительной мере зависят наглядность и выразительность чертежей. Чертежные карандаши марки «Конструктор» бывают мягкие, твердые и средней твердости. Мягкие карандаши маркируют М, 2М, ..., 6М (возрастание цифры перед буквой «М» соответствует увеличению степени мягкости графита карандаша). Карандаши средней твердости обозначают марками ТМ или МТ. Твердые карандаши маркируют Т, 2Т, ..., 7Т (по мере возрастания твердости увеличивается цифра перед буквой «Т»). Для чертежных работ пригодны и цанговые карандаши со стержнями различной твердости.

Правильно очиненный карандаш имеет форму конуса высотой приблизительно 25 ... 30 *мм*, конец графита выступает из оправы на 6 ... ... 8 *мм* (рис. 1, *а*). Затачивают карандаш и в форме плоской лопатки для получения при обводке чертежей линий одинаковой толщины.

Любой карандаш очиняют с конца, не имеющего маркировки.

После заточки и во время работы графитовый стержень карандаша шлифуют на мелкой наждачной бумаге № 0 и № 00. Бумагу рекомендуется наклеить на дощечку или картон (рис. 1, *б*).

Чертежные доски изготовляют из мягких сортов дерева — липы или тополя. С боковых сторон доска окаймляется дубовыми брусками на шпунтах (рис. 2, *а*). Наиболее распространенные размеры досок — это 700 × 1000 *мм*; 500 × 700 *мм* и 350 × 500 *мм*.

Рейсшина (рис. 2, *б*) представляет собой деревянную линейку размерами от 560 × 50 × 2 *мм* до 1320 × 60 × 2,5 *мм*, к одному концу которой прикреплены одна или две поперечные планки. Однопланочная рейсшина служит для проведения только горизонтальных линий, а двухпланочная — для проведения горизонтальных и наклонных линий. Нижняя планка рейсшины неподвижна, верхнюю можно поворачивать, устанавливая под нужным углом.

На чертежную доску рейсшину кладут так, чтобы планка была плотно прижата к торцу доски. Левой рукой рейсшину перемещают

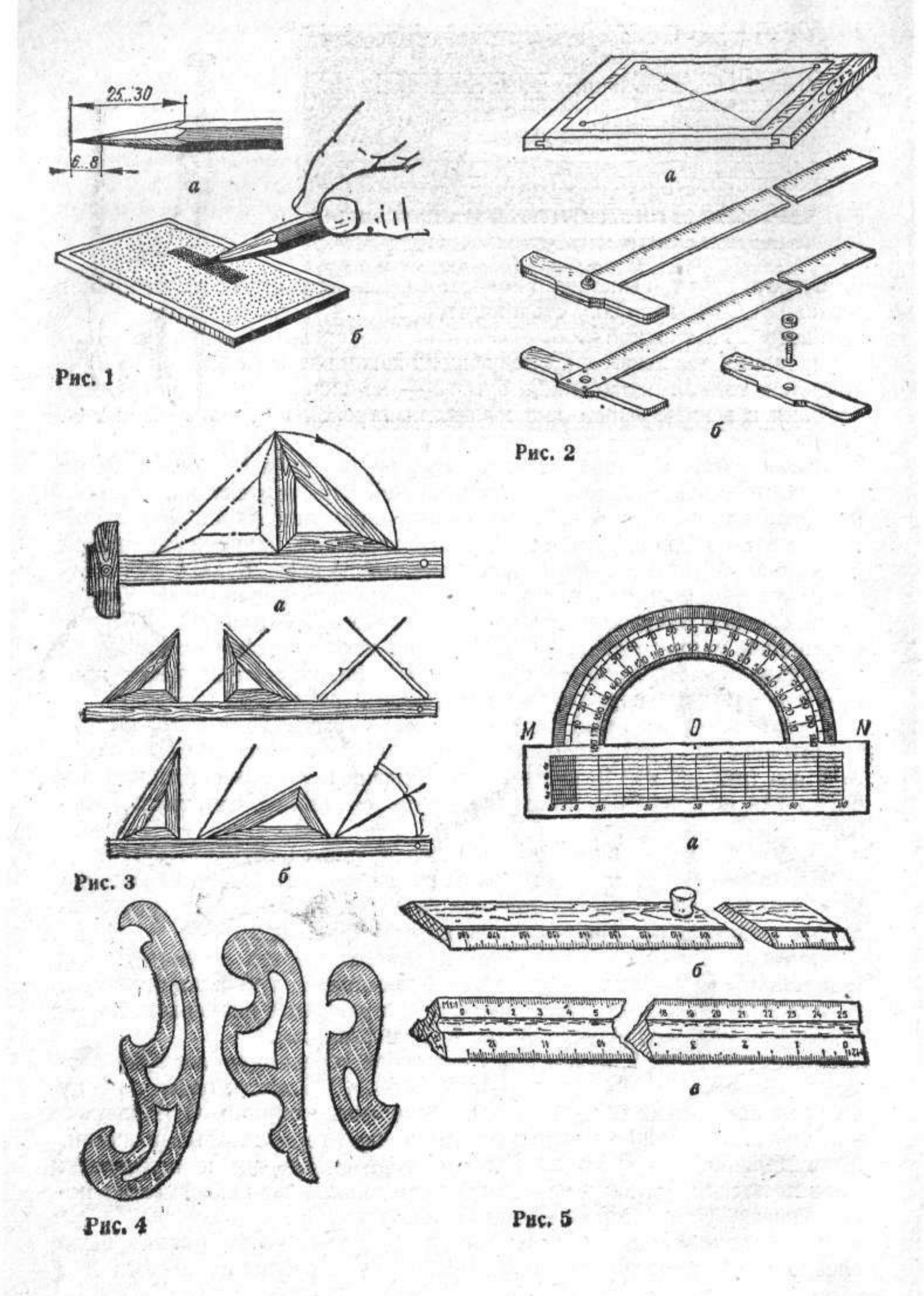


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

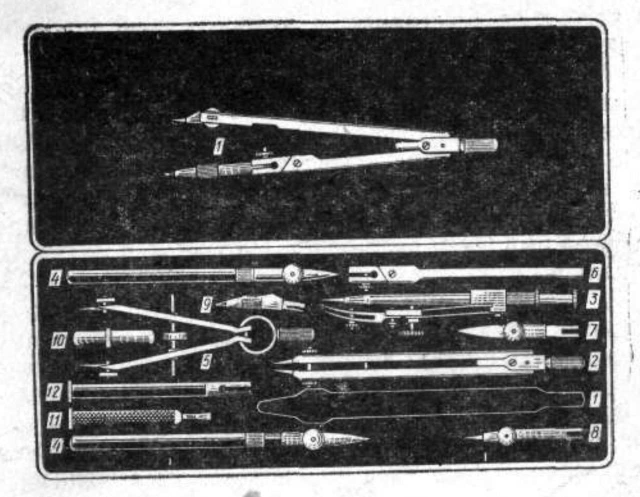


Рис. 6

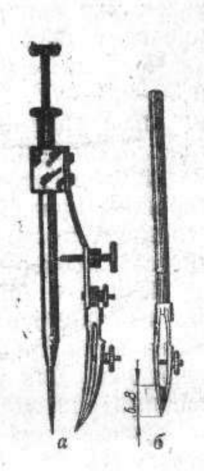


Рис. 7

Рис. 8

Рис. 9

а

б

Рис. 10

вверх или вниз на требуемое расстояние, а правой рукой при этом проводят параллельные линии.

Чертежные угольники бывают двух видов: с углами 45—90—45° и 30—60—90°. При помощи угольников проводят вертикальные и наклонные линии. Проверку прямого угла угольника проводят так (рис. 3, *а*): приложив катет угольника к рейсшине или линейке, проводят вдоль второго катета линию, затем, повернув угольник вокруг вершины прямого угла, вторично проводят линию. Если обе линии совпадут, то прямой угол выполнен правильно. На рис. 3, *б* показаны способы проверки углов 45 и 30°.

Лекалами (рис. 4) называют тонкие деревянные или пластмассовые фигурные пластинки с криволинейными очертаниями. Лекалами пользуются для вычерчивания кривых линий, которые нельзя провести циркулем. Для работы нужно иметь набор лекал. Способ их использования описан на с. 58.

Транспортир (рис. 5, *а*) предназначен для построения и измерения углов. На с. 40 указано, как следует пользоваться транспортиром.

Масштабная линейка (рис. 5, *б*, *в*) имеет две шкалы — миллиметровую и дюймовую. Скошенные края линейки позволяют откладывать размеры на чертеже.

Готовальня представляет собой набор чертежных инструментов в специальном футляре. В нее входят следующие инструменты (рис. 6): круговой циркуль *1*, циркуль-измеритель *2*, кронциркуль *3*, рейсфедер *4*, измеритель *5*, удлинитель *6*, круговой рейсфедер *7*, вставка *8* с иголкой, вставка *9* для кронциркуля, футляр *10* с запасными иголками, отвертка *11*, ручка *12* рейсфедера.

Небольшие окружности диаметром до 10 *мм* чертят кронциркулем (рис. 7, *а*). Круговой циркуль (рис. 8) предназначен для вычерчивания бóльших окружностей. Опорная ножка *1* циркуля оканчивается иглой, закрепленной винтом *2*. Вторая ножка имеет зажим для сменных вставок с винтом *7*. В готовальню входят три вида вставок: вставка *4* (рис. 8) применяется для вычерчивания окружностей карандашом; вставка *3* с круговым рейсфедером — для работы тушью; вставка *5* позволяет использовать циркуль в качестве измерителя. Для вычерчивания окружностей большого диаметра используют промежуточный удлинитель *6*.

На рис. 9 показано, как следует держать циркуль и кронциркуль во время работы.

Рейсфедер (рис. 7, *б*) служит для обводки тушью линий чертежа. Укажем некоторые правила пользования рейсфедером: а) наполнять его тушью рекомендуется при помощи пера на высоту не более 6... ... 8 *мм*; б) засохшую тушь удалять сухой бумагой, вытирая щечки рейсфедера мягкой тряпочкой; в) во время работы рейсфедер следует наклонять только в сторону проведения линии (примерно на 15 ... 20°). На рис. 10, *а*, *б* показано неправильное пользование рейсфедером в процессе работы.

Резинка. Для удаления с чертежа лишних линий используют резинки — жесткие (для туши) и мягкие (для карандаша). Перед упо-

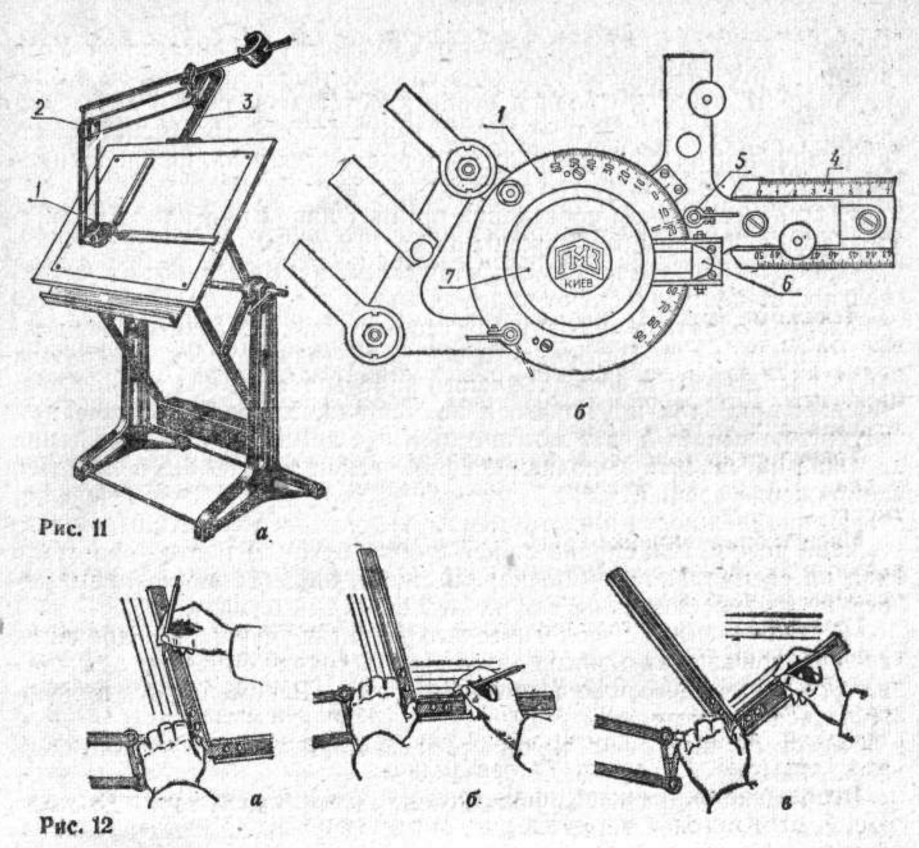


Рис. 11 *а* *б*

Рис. 12 *а* *б* *в*

треблением конец резинки протирают на чистом листе бумаги. Для удобства рекомендуется разрезать резинку по диагонали на две части.

Кнопки. К чертежной доске бумагу прикрепляют кнопками. Закрепляя бумагу, ее расправляют от середины к краям в направлении диагоналей (см. рис. 2, *а*). Кнопку при этом следует прижать так, чтобы бумага была зажата всей поверхностью головки кнопки.

Чертежные приборы. Для ускорения процесса черчения применяют универсальный чертежный стол с механической рейсшиной рычажного типа (рис. 11, *а*). Прибор состоит из подставки, чертежной доски и механической рейсшины, закрепленной на доске при помощи кронштейна *3*. Рейсшина состоит из двух шарнирных параллелограммов и головки. Параллелограммы образованы двумя парами штанг, прикрепленных к кольцу *2*. Верхние концы верхних штанг присоединены к кронштейну, а нижние концы нижних — к диску *1*, к которому крепится и поворотная головка рейсшины. К головке под прямым углом друг к другу привинчены две миллиметровые линейки *4* со скошенными краями. Рычажный шарнирный механизм позволяет выполнять параллельное перемещение рейсшины по чертежной доске.

На рис. 11, *б* изображено устройство поворотной головки. Нужный угол наклона линеек *4* к линии горизонта обеспечивается поворотом

головки *7* после предварительного нажатия на фиксатор *6*. Угол поворота отсчитывается по шкале транспортира, нанесенной на неподвижном диске *1*. Собачка *6* под действием пружины автоматически фиксирует положение линеек через каждые 15°. Если необходимо закрепить головку рейсшины на делениях угла, не пропорциональных 15°, то пользуются гайкой-барашком *5*.

Различные случаи проведения прямых линий при помощи механической рейсшины изображены на рис. 12, *а—в*.

Подготовка рабочего места учащегося. Успех в работе в значительной степени зависит от подготовки рабочего места. Прежде всего следует обратить внимание на его освещение. Дневной свет должен падать с левой стороны, а вечерний (электрический) должен быть рассеянным и освещать место работы так, чтобы тень от чертежных приборов и учащегося не мешала. Хорошим освещением служит рассеянный свет люминесцентных ламп. Яркость освещения должна обеспечить выполнение графической работы без излишнего напряжения зрения.

Принадлежности и инструменты следует располагать перед чертежной доской или справа от нее в определенном месте — на столе или на специальной тумбочке; на самой доске остаются лишь инструменты, необходимые для работы в данный момент.

С точки зрения физиологического развития учащихся, сохранения зрения, повышения производительности труда большое значение имеет поза учащегося за чертежным столом. Рекомендуется придерживаться таких правил:

а) расстояние от глаз учащегося до листа бумаги должно быть 300 ... 400 *мм*;

б) нельзя упираться грудью в стол; расстояние от груди до стола должно быть 40 ... 60 *мм*;

в) сидеть нужно прямо, голову и плечи держать ровно, не сутулиться;

г) при работе стоя локти не должны касаться доски; ноги нужно ставить на пол на всю ступню.

Перед началом работы следует протереть сухой тряпочкой линейку, угольники, доску, проверить исправность инструментов, заточить все карандаши, заправить циркуль графитом и т. д. Чтобы не загрязнять чертеж, перед работой нужно хорошо вымыть руки. Те участки чертежа, где в данный момент не работают, рекомендуется прикрыть чистой бумагой. Хранить инструмент нужно в сухом месте.

§ 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

2.1. Форматы (ГОСТ 2.301—68)

Форматом называется размер листа бумаги, на котором выполняют чертежи и другие конструкторские документы.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполняемой тонкой сплошной линией (рис. 13). Различают основные и дополнительные форматы. В табл. 1 приведены основные форматы согласно ГОСТ 2.301—68.

Таблица 1

Основные форматы

Обозначение формата	А0 44	А1 24	А2 22	А3 12	А4 11
Размеры сторон формата, *мм*	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210

А5 148 × 210

А6 105 × 148

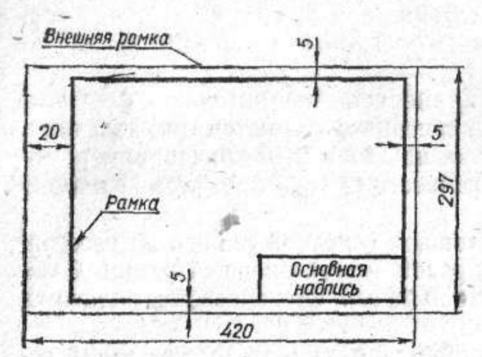


Рис. 13

185
7 10 23 15 10 70 50 5
(2)
(14) (15) (16) (17) (18)
Лит. Масса Масшт.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
(1)
(4) 5 5 5 (5) 17 (6) 18
Разраб.
Пров.
Т.контр.
Лист (7) Листов (8)
(10) (11) (12) (13)
(3)
20 (9)
Н.контр.
Утв.
11×5=55
15 5 15 5 15 5

а

КМТЧ.061203.000
Лит. Масса Масшт.
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Сопряжения
Разраб. Утенко 10.4.74
Пров. Хаскин 10.4.74
1:1
Т.контр.
Лист Листов 1
Н.контр.
Утв.
КМТ
Гр.ХМА-79

б

Рис. 14

I = 15, 16, 18
II = 19, 20, 21
III = 22, 23, 24

I = 1, 2, 3
II = 10, 11
III = 5, 6, 7

Формат 44 с размерами сторон 1189 × 841 *мм* имеет площадь, равную 1 $м^2$. Путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне образуются остальные основные форматы — 24, 22, 12 и 11.

Обозначение формата состоит из двух цифр, первая из которых показывает, сколько раз в одной стороне листа содержится размер 297 *мм*, а вторая — сколько раз в другой стороне содержится размер 210 *мм*. Произведение цифр, составляющих обозначение формата, определяет количество форматов 11, которое содержится в данном формате. Например, формат 24 содержит 2 × 4, т. е. восемь, форматов 11 и имеет размеры сторон 297 × 2 = 594 *мм* и 210,25 × 4 = = 841 *мм*.

Кроме основных, допускается применять дополнительные форматы, образуемые увеличением сторон основных форматов на величину, кратную размерам формата 11, т. е. на 297 и 210 *мм*. Например, дополнительный формат 23 состоит из шести (2 × 3) форматов 11 и имеет размеры сторон 594 и 631 *мм*.

Рамку чертежа выполняют сплошной основной линией на расстоянии 5 *мм* от верхней, нижней и правой сторон внешней рамки. С левой стороны оставляют поле шириной 20 *мм*, служащее для подшивки и брошюровки чертежей (рис. 13).

Каждый чертеж или конструкторский документ должен иметь основную надпись, располагаемую в правом нижнем углу формата (рис. 13). Надпись — это своеобразная характеристика чертежа, в которой приведены основные данные об изображаемом предмете: его наименование, материал, масштаб, кто выполнял чертеж, кто проверял и др.

На рис. 14, *а* изображена основная надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104—68). Нижней и правой границами надписи служат линии рамки. На листах формата 11 основную надпись располагают вдоль короткой стороны листа; на листах формата больше 11 основную надпись допускается располагать вдоль длинной или короткой сторон листа. Рамки и графы основной надписи выполняют сплошными основными и тонкими линиями.

В геометрическом и проекционном черчении применяют упрощенное заполнение основной надписи, а именно: в графе (*1*) указывают наименование чертежа; в графе (*6*) — масштаб изображения; в графе (*9*) — сокращенное наименование техникума и группы; в графе (*11*) — фамилии тех, кто чертил и принимал чертеж; в графе (*12*) — подписи; в графе (*13*) — дату выполнения чертежа и дату подписи; в графе (*2*) — обозначение чертежа. Так, например, обозначение на рис. 14, *б* — «КМТЧ.061203. 000» — означает: киевский механический техникум, черчение, тема 6, вариант 12, работа № 3. Более подробно о заполнении основной надписи и графы «обозначение» можно прочесть в разделе «Машиностроительное черчение» на с. 389, 390.

На рис. 14, *б* дан пример выполнения основной надписи на учебном чертеже.

2.2. Линии чертежа

Наименование линий, употребляемых для выполнения чертежа, их начертание, основное назначение и толщина по отношению к толщине основной сплошной линии приведены в ГОСТ 2.303—68. Согласно этому ГОСТу употребляют линии трех типов: сплошные, штриховые и штрих-пунктирные (рис. 15).

Сплошные линии разделяются на основные, тонкие, волнистые и тонкие с изломами. *Основную сплошную линию* употребляют для обводки видимого контура *2* (рис. 16), для видимых линий перехода

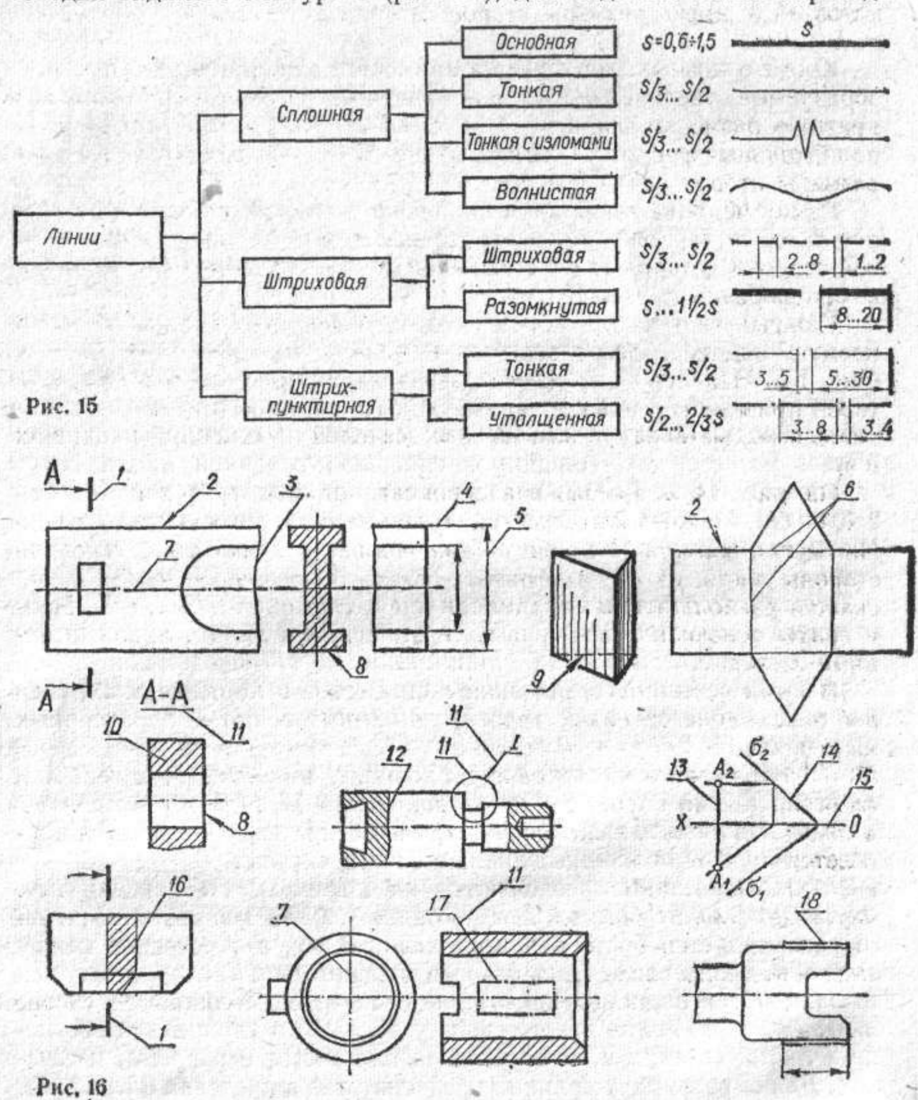


Рис. 15

Рис. 16

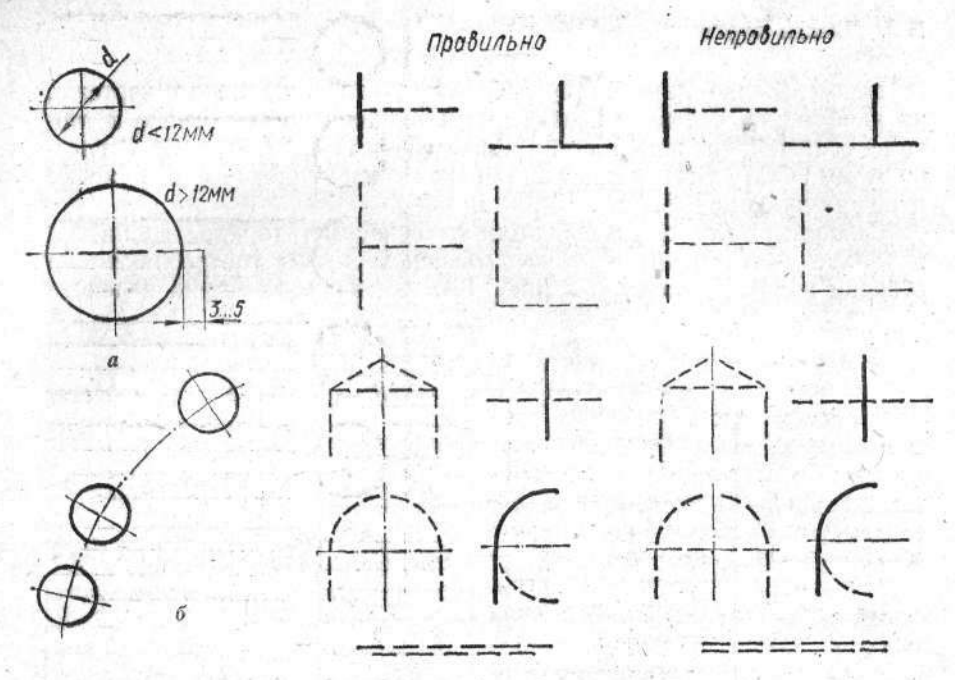


Рис. 17 Рис. 18

и для обводки контура вынесенных сечений и сечений, входящих в состав разрезов (*8*). Толщину *s* сплошной основной линии берут в диапазоне 0,6 ... 1,5 *мм* в зависимости от величины и сложности изображения и формата чертежа. Толщина остальных линий на чертеже принимается кратной принятой толщине *s* сплошной основной линии.

Тонкая сплошная линия выполняется толщиной *s*/3 ... *s*/2. Применяют ее в качестве размерных *5* и выносных *4* линий, линий штриховки *10* разрезов и сечений, линий-выносок *11*, обводки контура *16* наложенных сечений, обозначения линий сгиба *6* на развертках, осей *15* проекций, следов *14* плоскостей, линий построения *13* характерных точек и др.

Сплошная волнистая линия имеет толщину *s*/3 ... *s*/2 и применяется для изображения обрывов *3* и разграничения *12* вида и разреза.

Сплошная тонкая линия с изломами имеет толщину *s*/3 ... *s*/2 и применяется при выполнении длинных линий обрыва.

Штриховые линии разделяются на штриховые и разомкнутые. *Штриховую линию* выполняют толщиной *s*/3 ... *s*/2. Длину штрихов рекомендуется брать в пределах 2 ... 8 *мм*, а расстояние между ними — в диапазоне 1 ... 2 *мм*. Штриховые линии применяют для изображения невидимого контура *9* и невидимых линий перехода.

Разомкнутая линия имеет толщину *s* ... $1^1/_2 s$ и служит для обозначения линии сечения *1*, т. е. секущей плоскости, в разрезах и сечениях. Длина разомкнутой линии предусмотрена в пределах 8 ... 20 *мм*.

Штрих-пунктирные линии разделяются на тонкие и утолщенные. *Тонкая штрих-пунктирная линия* имеет толщину *s*/3 ... *s*/2 и применяется для изображения центровых и осевых линий *7*, линий симметрии, для изображения развертки, совмещенной с видом, и др. Длину штрихов рекомендуется брать в пределах 5 ... 30 *мм*, а расстояния между штрихами — в пределах 3 ... 5 *мм*.

Штрих-пунктирную утолщенную линию (*s*/2 ... 2/3*s*) применяют для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция» *17*), а также для обозначения поверхностей *18*, подлежащих термообработке или покрытию.

мм
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,3

Рис. 19

На чертеже штрихи в штриховых (штрих-пунктирных) линиях должны быть одинаковой длины. Штрих-пунктирные линии должны заканчиваться штрихами, а не точками. Центр окружности указывают пересечением штрихов (рис. 17). Если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур на чертеже менее 12 *мм*, то осевые и центровые линии выполняют сплошной тонкой линией (рис. 17, *а*). На рис. 18 приведены случаи правильного и неправильного исполнения линий на технических чертежах. На рис. 19 изображены линии различной толщины.

2.3. Приемы и способы проведения линий на чертежах

При помощи рейсшины проводят горизонтальные линии. Карандаш держат тремя пальцами: большим, средним и указательным (рис. 20). Наклонен карандаш в сторону от исполнителя, для того чтобы графит был прижат к ребру линейки. Во время проведения линии мизинец правой руки касается рейсшины и скользит по ней. Линии проводят слева направо. Для проведения параллельных линий рейсшину перемещают по левой стороне доски, прижимая ее головку к торцу доски (рис. 20, *а*). Горизонтальные линии можно вычерчивать также при помощи угольника и линейки или двух угольников (рис. 21, *а*). В этом случае линейка или угольник играет роль направляющего устройства.

Вертикальные линии вычерчивают, как правило, при помощи рейсшины и угольника. На рис. 20, *б* показано, как при этом следует держать руки. Линии проводят снизу вверх. На рис. 21, *б* для проведения вертикальных линий использована линейка и угольник или два угольника.

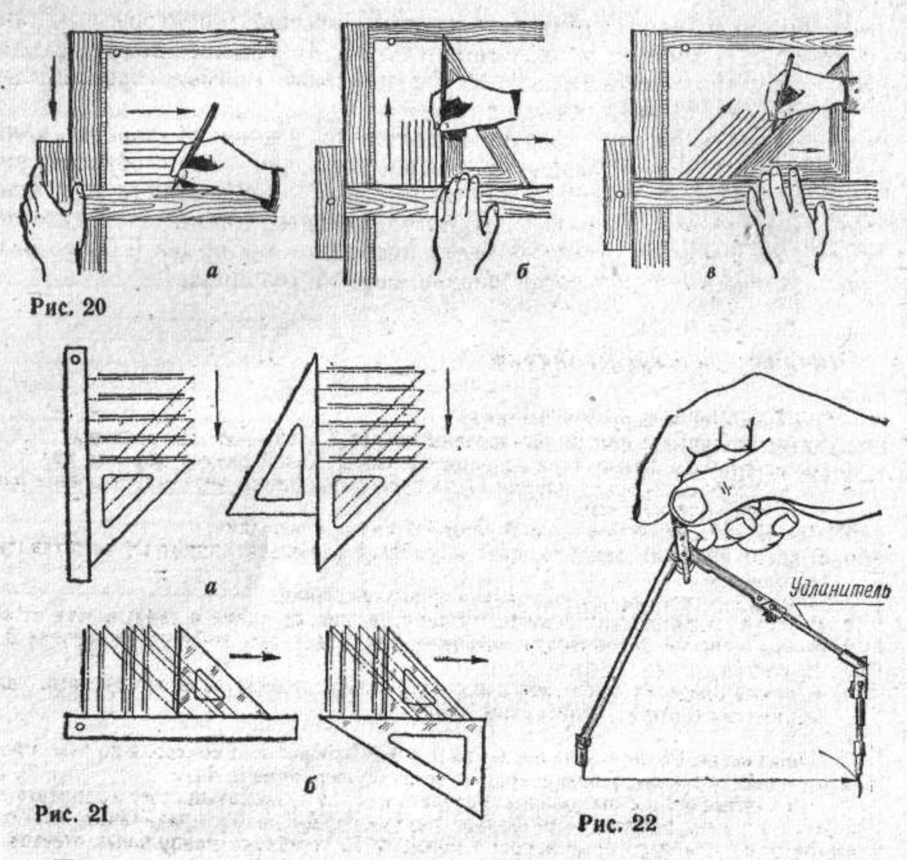


Рис. 20

Рис. 21

Рис. 22

Параллельные наклонные линии чаще всего приходится выполнять при штриховке сечения. Их проводят под углом 45° к линии горизонта (к основной надписи чертежа), используя рейсшину и угольник (рис. 20, *в*).

Для построения линий криволинейного контура используют циркуль или лекала. В ножку циркуля вставляют графит марки Т или 2Т, а для окончательной обводки чертежа — Т или ТМ. Перед тем как провести окружность, нужно начертить центровые линии так, чтобы штрихи в центре обязательно пересекались. Окружность проводят по движению часовой стрелки, слегка наклоняя циркуль в сторону движения карандаша (см. рис. 9). На рис. 22 показано, как держать циркуль во время работы с удлинителем. Циркулем-измерителем пользуются для измерения и откладывания отрезков.

2.4. Обводка чертежа

Перед окончательной обводкой чертежа карандашом нужно мягкой резинкой удалить с листа лишние линии и пятна, оставшиеся от прикосновения к бумаге чертежных принадлежностей или пальцев. Чер-

теж обводят в такой последовательности: 1) осевые и центровые линии; 2) лекальные кривые; 3) окружности и дуги; 4) горизонтальные прямые (их проводят слева направо); 5) вертикальные прямые (проводят их снизу вверх); 6) наклонные прямые.

Готовясь к работе, следует подготовить несколько хорошо отточенных карандашей различной твердости: один — для обводки видимого контура, другой — для штриховых линий невидимого контура, третий — для тонких штрих-пунктирных линий. Не рекомендуется по одному и тому же месту проводить линии два и более раз, так как линии будут тогда неравномерной толщины.

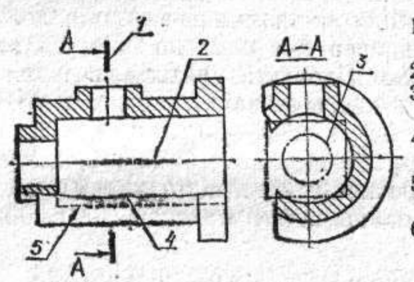
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется форматом чертежа?
2. Какие основные форматы установлены по ГОСТ 2.301—68? Их размеры?
3. Какие форматы называются дополнительными? Какой размер формата 52?
4. На каком расстоянии от кромки листа проводится рамка чертежа? Укажите размеры основной надписи.
5. Назовите основные типы линий, употребляемых в черчении.
6. В каких пределах берут толщину *s* основной сплошной линии? От чего зависит ее толщина?
7. Для чего служит на чертеже тонкая сплошная линия?
8. В каких соотношениях берется толщина различных линий в зависимости от *s*?
9. В чем отличие исполнения центровых линий для окружностей диаметром 8 и 50 *мм*?
10. В каких пределах выбирают длину штрихов и промежутков между ними для штриховых и штрих-пунктирных линий?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Форматы. Линии чертежа». Правильность ответов проверьте на с. 441.

На каждый вопрос вы должны подобрать на с. 18 правильный ответ и записать его номер. Например, запись «1—6» означает, что на первый вопрос правильным является шестой ответ. На некоторые вопросы может быть несколько правильных ответов.

Карта программированного контроля по теме „Форматы. Линии чертежа"



1. Сколько основных форматов предусматривает ГОСТ 2.301—68?
2. Какие размеры сторон формата 24?
3. Сколько форматов 11 содержится в формате 62?
4. Как называется тип линии, обозначенной на рисунке цифрой *2*?
5. Какое назначение имеет тонкая сплошная линия?
6. Какова толщина линии *1* в зависимости от толщины *s* основной сплошной линии?
7. Какие промежутки между штрихами следует выбрать для линии *5*?
8. Как называется тип линии, обозначенной на рисунке цифрой *4*?
9. Какое назначение имеет сплошная волнистая линия?
10. Какой длины должны быть штрихи для линии *3*?

Ответы

1. 6
2. 4
3. 12
4. 8
5. 5
6. 297 × 420
7. 594 × 420
8. 594 × 841
9. 1783 × 841
10. 594 × 1783
11. 2 ... 6
12. 3 ... 8
13. 2 ... 10
14. 1 ... 2
15. 10 ... 20
16. 5 ... 30
17. 8 ... 12
18. 1 ... 8
19. $s/2$
20. $s/3 \dots s/2$
21. $s \dots s/3$
22. $s \dots 1^1/_2 s$
23. $s/3$
24. $s \dots {}^2/_3 s$
25. Сплошная основная
26. Сплошная тонкая
27. Сплошная волнистая
28. Штриховая
29. Штрих-пунктирная тонкая
30. Штрих-пунктирная утолщенная
31. Разомкнутая
32. Сплошная
33. Основная
34. Линия видимого контура
35. Линии штриховки
36. Размерная и выносная
37. Линия сгиба на развертках
38. Линия сечения
39. Линия наложенной проекции
40. Центровая линия
41. Линия-выноска
42. Линия перехода видимая
43. Линия контура вынесенного сечения
44. Линия невидимого контура
45. Линия обрыва
46. Линия развертки, совмещенная с видом

§ 8. ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ

8.1. Размеры стандартного шрифта

Изображения на чертежах дополняют надписями, выполняемыми чертежными шрифтами по ГОСТ 2.304—68. Этот шрифт отличается четкостью, однородностью начертания отдельных букв алфавита, однозначностью каждой буквы, простотой исполнения и др. В стандарте приведены основные сведения по конструкции букв и цифр, установлена их высота, ширина, толщина обводки линий, расстояние между буквами, цифрами и знаками, словами, числами и основаниями строк.

Шрифт русского алфавита разделяется на основной с наклоном (рис. 23, *а*), широкий с наклоном (рис. 23, *б*) и прямой без наклона. Различие между основным и широким шрифтами заключается только в ширине букв и цифр. На рис. 24, *а* изображен широкий шрифт латинского алфавита, на рис. 24, *б* — арабские цифры широкого, а на рис. 24, *в* — основного шрифтов.

По стандарту наклон букв и цифр к основанию строки должен составлять около 75°. Прямой шрифт без наклона употребляется сравнительно редко: в строительных и архитектурных чертежах, при наименовании изделий, для обозначений в основной надписи и др.

Размеры шрифта. *Высота букв*. ГОСТ 2.304—68 устанавливает следующие размеры шрифтов: 40; 28; 20; 14; 10; 7; 5; 3,5; 2,5. *Размер шрифта определяется высотой прописных букв в миллиметрах.* Например, шрифт размера 10 имеет высоту прописных (заглавных) букв 10 *мм* и т. д.

Высота h_1 строчных букв составляет 5/7 высоты прописных букв ($h_1 = \frac{5}{7}h$), что приблизительно соответствует следующему меньшему размеру шрифта. Например, высота строчных букв шрифта 10 равна 7 *мм*, т. е. высоте прописных букв 7-го размера шрифта. Исключение

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопр

стуфхцчшщъыьэюя

а

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопр

стуфхцчшщъыьэюя

б

Рис. 23

составляет высота строчных букв б, в, д, р, у, ф, равная высоте h прописных букв того же размера шрифта.

На рис. 25 слово «Турбина» написано строчным шрифтом размера 7. Высота прописной буквы Т и строчных букв у, р, б равна 7 *мм*, а остальных строчных букв — 5 *мм*.

Ширина букв (табл. 2). Ширина b прописных букв составляет $4/7h$ для основного и $5/7h$ для широкого шрифтов. Исключением является ширина букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1. Ширина b_1 букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю соответственно равна $6/7h$ для основного и h для широкого шрифтов. Промежуточное положение занимают буквы А и М, у которых ширина b_2 равна $5/7h$ для основного и $6/7h$ для широкого шрифтов. Ширина b_3 цифры 1 равна $2/7h$.

Например, для шрифта размера 10 ширина буквы В составляет для основного шрифта 5,7 *мм*, а для широкого — 7 *мм*. Буква Ж

ABCDEFGHIJKLMN

OPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqr

stuvwxyz

а

0123456789

б

0123456789

в

Рис. 24

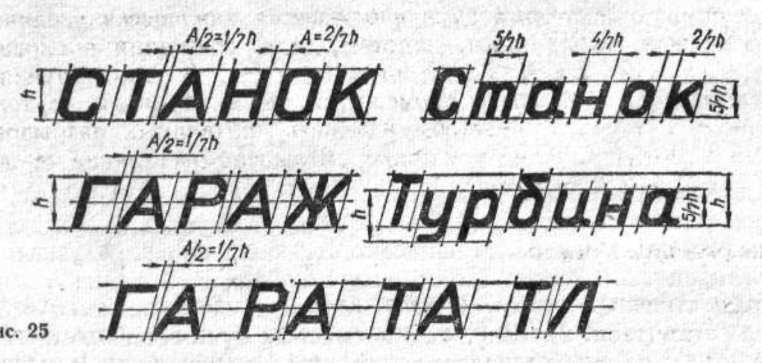


Рис. 25

соответственно будет иметь ширину 8,6 и 10 *мм*, а буква М — 7 и 8,6 *мм*. Ширина цифры 1 для шрифта этого же размера равна 2,9 *мм*.

Аналогично построены зависимости ширины строчных букв (табл. 2).

Толщину s линий для обводки букв и цифр выбирают в пределах $(1/7 \div 1/10)\,h$. Бóльшую толщину $(1/7h)$ можно рекомендовать для прописных букв, меньшую $(1/10h)$ — для строчных. Толщина обводки

Таблица 2

Ширина букв русского алфавита

Величина	Ширина шрифта с наклоном			
	основного		широкого	
	Обозначение	Соотношение размеров	Обозначение	Соотношение размеров
Прописные буквы и цифры, кроме букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	b	$4/7h$	$b_ш$	$5/7h$
Буквы Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	b_1	$6/7h$	$b_{1ш}$	h
Буквы А, М	b_2	$5/7h$	$b_{2ш}$	$6/7h$
Цифра 1	b_3	$2/7h$	$b_{3ш}$	$2/7h$
Строчные буквы, кроме букв ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_4	$3/7h$	$b_{4ш}$	$4/7h$
Буквы ж, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_5	$5/7h$	$b_{5ш}$	$6/7h$
Буква м	b_6	$4/7h$	$b_{6ш}$	$5/7h$

линий одного и того же текста должна быть одинаковой независимо от наличия в данном тексте прописных и строчных букв.

Прочие конструктивные размеры шрифта. Расстояние A между смежными буквами в словах и между цифрами в числах должно составлять $2/7h$, а расстояние A_1 между словами и числами — не менее ширины буквы текста. Расстояние A_2 между основаниями строк должно быть не менее $1{,}5h$, т. е. не менее, чем полторы высоты прописных букв данного размера шрифта. Если надпись выполнена шрифтами разных размеров, то расстояние между строками определяют по наибольшему размеру шрифта. Например, для шрифта размера 10 расстояние между буквами составляет 3 *мм*, между словами — не менее 10 *мм*, а между основаниями строк — не менее 15 *мм*.

При сочетании некоторых букв наблюдается кажущееся увеличение промежутков между ними, например, при сочетании в словах букв Г и А, Р и А, Т и А, Т и Л (рис. 25) и т. п. В таких случаях ГОСТ рекомендует уменьшать промежутки между буквами до толщины линии, т. е. до $1/7h$, чтобы избежать зрительных разрывов. На рис. 25 в словах «Станок» и «Гараж» уменьшено расстояние между буквами Т и А, Г и А, Р и А.

3.2. Конструкция букв

Изучение конструкции букв чертежного шрифта рекомендуется вести не в алфавитном порядке, а в зависимости от степени трудности и однотипности их начертания. Изучая конструкцию букв и цифр, обратите внимание на принцип размещения их элементов относительно параллелограмма сетки, в которую вписывается буква или цифра.

Строчные и прописные буквы русского алфавита составляют несколько характерных групп, каждую из которых рассмотрим отдельно.

Написание прописных букв (рис. 26). Прописные буквы можно разделить на четыре группы. *Буквы первой группы* — Г, Н, П, Т, Ц, Е, Ш, Щ — характерны тем, что образованы исключительно

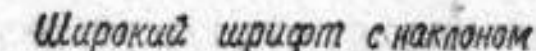


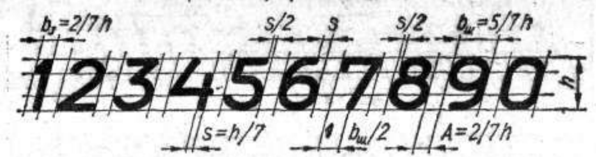
Рис. 26

прямолинейными элементами, расположенными горизонтально или под углом 75° к основанию строки. Ширина букв Ш и Щ равна их высоте. Нижние отростки букв Ц и Щ выполняются за счет промежутков между буквами и строками; они выступают за границу параллелограмма на величину *s* — толщину линии буквы.

Буквы второй группы — А, И, Й, Х, К, Ж, М — также образованы прямолинейными элементами, но уже расположенными горизонтально, наклонно и по диагонали. Особое внимание следует уделить построению наклонных элементов. Внутренние наклонные элементы буквы М расположены по диагоналям параллелограмма. У буквы К нижний наклонный элемент идет по диагонали параллелограмма, а верхний — с правой вершины к точке, отстоящей на расстоянии $2/7h$ от нижнего основания строки. Буква Ж по своей конструкции — удвоенная буква К.

Буквы третьей группы — Ч, Р, У, Ь, Ъ, Б, В, Я, Ы, Л, Д — образованы горизонтальными, наклонными и криволинейными элементами. Средние горизонтальные элементы расположены точно посредине строки. В буквах, имеющих скругления (Р, Ь, Ъ, Б, В, Я, Ы), горизонтальные элементы проводят лишь до середины ширины буквы, а затем от руки выполняют плавное скругление. Наклонный элемент буквы Я расположен по диагонали параллелограмма. Верхнюю горизонтальную полочку буквы Б, нижнюю — буквы У и верхний скругленный элемент буквы В не доводят до конца параллелограмма на величину $s/2$. В буквах Л и Д левый наклонный элемент идет из нижнего угла параллелограмма к середине верхней линии строки. Отростки в буквах Д и Ъ выполняют за счет промежутков между буквами и строками. Рекомендуется вначале выполнять прямолинейные элементы букв, а затем — криволинейные.





Основной шрифт с наклоном

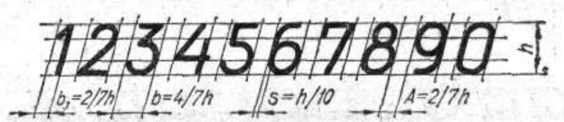


Рис. 27

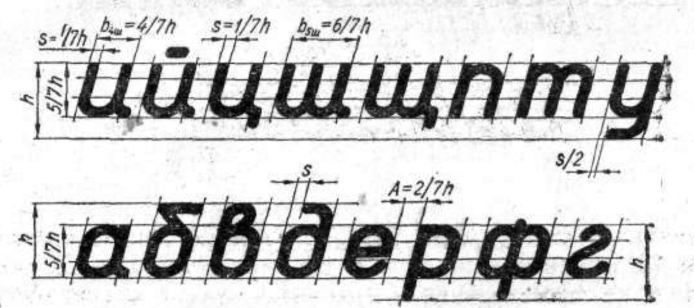


Рис. 28

Буквы четвертой группы — О, С, Э, З, Ю, Ф — в основном состоят из криволинейных элементов. Основой этой группы является буква О, состоящая из двух средних параллельных элементов, плавно сопряженных сверху и снизу криволинейными элементами. Необходимо научиться правильно выполнять букву О, являющуюся основой построения многих строчных букв.

В буквах Э, Ю горизонтальный элемент расположен посредине строки. Буквы Ф и Ю широкого шрифта имеют ширину, равную их высоте. Верхний и нижний горизонтальные элементы буквы Ф отстоят от крайних линий строки на величину *s*. Справа и слева эти элементы имеют скругления, как у буквы О. Буква З совсем не имеет прямолинейных элементов. Она является частью цифры 8, поэтому рекомендуется конструировать ее как цифру 8 и наводить потом лишь правую половину знака.

Написание цифр и чисел (рис. 27). Высота цифр равна высоте прописных букв. Соотношение высоты и ширины, толщина линий, расстояние между цифрами такие же, как и у прописных букв. Исключение составляет лишь цифра 1, ширина которой равна 2/7*h*. Следует обратить внимание на отличие в начертании цифры 3 и буквы З: верхний элемент цифры 3 не скруглен, а состоит из прямолинейных участков.

Написание строчных букв (рис. 28). Только 16 строчных букв по своей конструкции отличаются от соответствующих прописных, а

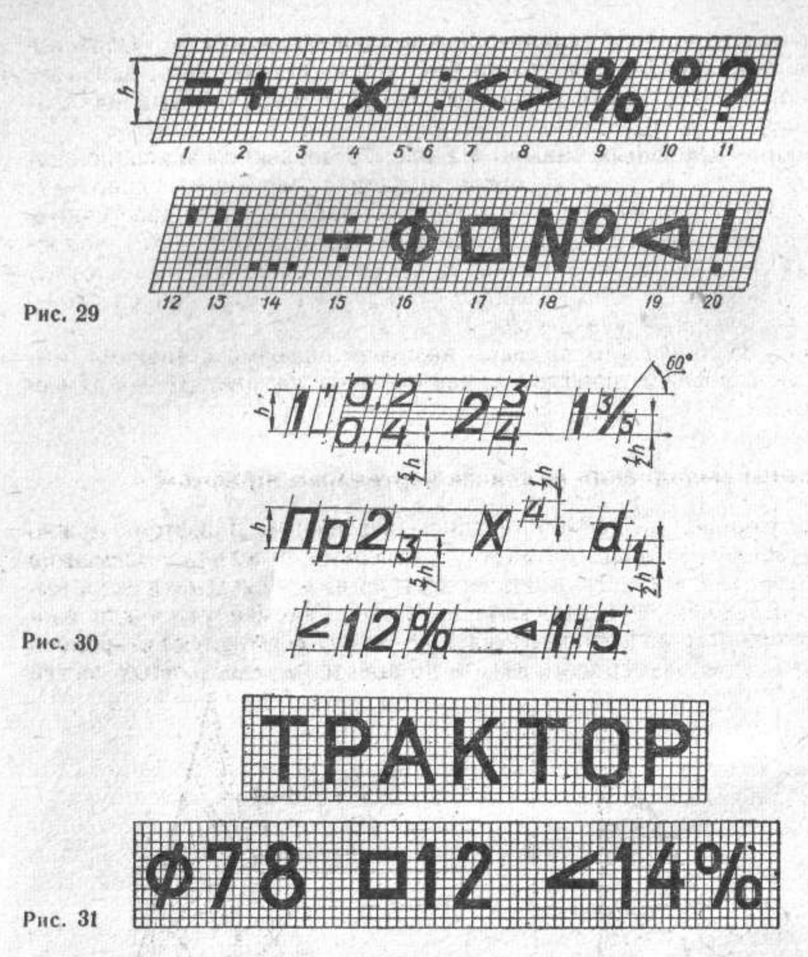


Рис. 29

Рис. 30

Рис. 31

именно: а, б, в, г, д, е, и, й, п, р, т, у, ф, ц, ш, щ. Поделим эти буквы на две группы.

К *первой группе* относят буквы и, й, ц, ш, щ, п, т, у. Основой построения букв этой группы является конструкция буквы и. В этой группе преобладают прямолинейные элементы, занимающие примерно 2/3 высоты каждой буквы и идущие параллельно боковым сторонам параллелограмма. Сверху или снизу прямолинейные элементы плавно сопряжены между собой. Увеличенную ширину имеют буквы т, ш, щ. Высота буквы у равна h. Нижние отростки в буквах и, й, ц, ш, щ выполняются за счет промежутков между буквами и строками. Обратите внимание на правильное исполнение нижнего горизонтального элемента буквы у.

Ко *второй группе* относят буквы а, б, в, д, е, р, ф, в основе построения которых лежит конструкция буквы о. Горизонтальный элемент буквы е проходит посредине высоты строки. Увеличенную высоту (h) имеют буквы б, в, д, р, ф. У буквы д верхний горизонтальный элемент

не доходит до стороны параллелограмма на величину *s*. Обратите внимание на правильное написание букв б и в. Особое место занимает буква г, имеющая сравнительно небольшой прямолинейный наклонный элемент.

Написание некоторых знаков. На рис. 29 показано написание знаков, чаще всего встречающихся в практике черчения: равно — *1*; плюс — *2*; минус, тире — *3*; умножение — *4* и *5*; деление, двоеточие — *6*; меньше — *7*; больше — *8*; проценты — *9*; градусы — *10*; вопросительный знак — *11*; минуты — *12*; секунды, кавычки — *13*; от ... до — *14*, *15*; диаметр — *16*; квадрат — *17*; номер — *18*; конусность — *19*; восклицательный знак — *20*.

На рис. 30 приведены примеры надписей цифрами и знаками, выполненные основным шрифтом с наклоном, а на рис. 31 — прямым шрифтом.

3.3. Приемы выполнения надписей чертежным шрифтом

Чтобы хорошо выполнять надписи чертежным шрифтом, нужно твердо усвоить соотношения между размерами отдельных элементов букв и цифр, знать конструкцию каждой из них и систематически выполнять упражнения по их вычерчиванию. Рекомендуется для изображения букв строить вспомогательную сетку, состоящую из ромбов высотой $h/7$, т. е. размер букв делить по высоте на семь равных частей

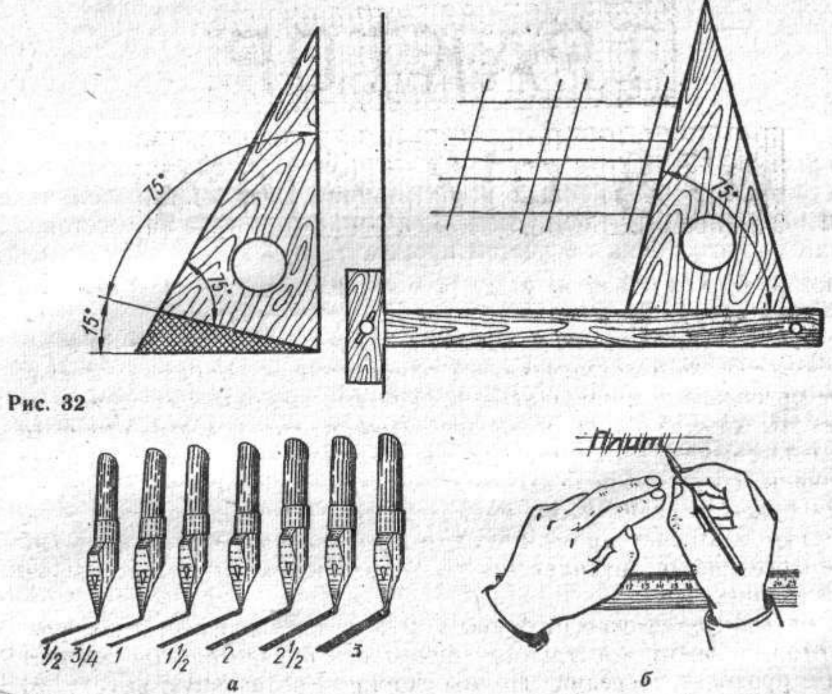


Рис. 32

Рис. 33

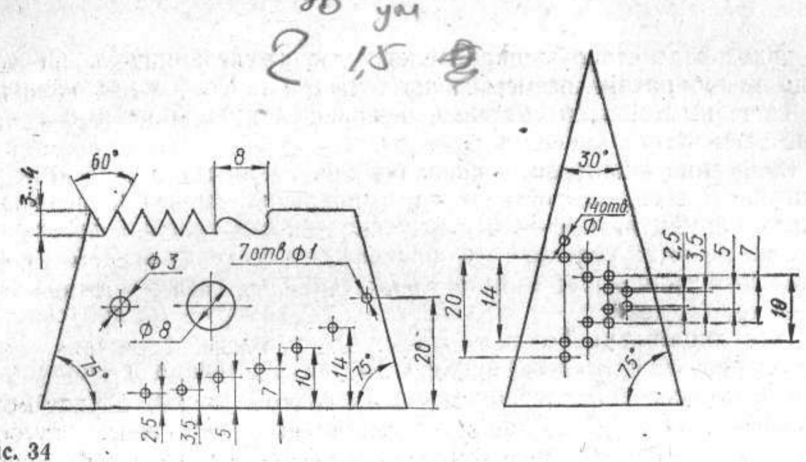


Рис. 34

Рис. 35

(см. рис. 23). Учащиеся могут выполнять упрощенную вспомогательную сетку, состоящую только из пяти линий (рис. 28). На этой сетке наклонные линии идут под углом 75° к линии горизонта на расстоянии ширины каждой буквы с учетом промежутков между буквами и словами.

Чтобы упростить разметку ширины букв и промежутков между ними, можно использовать полоску чертежной бумаги, на краю которой отмечены черточками деления, отвечающие ширине букв (основного шрифта и широкого) и промежуткам между буквами и словами. Передвигая эту полоску вдоль нижней линии строки, отмечают на ней необходимые размеры и через полученные деления проводят наклонные линии сетки. Наклонные линии под углом 75° можно строить при помощи двух угольников или специально приспособленного для этого угольника (рис. 32).

На первом этапе овладения чертежным шрифтом качество надписей в значительной степени определяется точностью построения сетки. Когда сетка готова, нужно тонко заостренным карандашом слегка прочертить контуры («скелет») букв, цифр и знаков, придерживаясь указанных выше правил. Затем, проверив правильность начертания и правильность наклона, переходить к обводке.

Обводить «скелет» шрифта нужно так, чтобы утолщение не выходило за габаритные размеры букв и цифр, т. е. не увеличивалась бы их толщина и высота. Вначале рекомендуется навести горизонтальные и наклонные элементы букв, затем — диагональные прямолинейные элементы и наконец — криволинейные. Для обводки букв и цифр крупного размера шрифта можно применять линейку и угольник; шрифт небольшого размера пишут без применения инструмента.

Приобретя навыки написания шрифта, можно не строить полную сетку, а ограничиваться лишь проведением верхней и нижней горизонтальных строк.

Для надписей тушью используют специальные перья (рис. 33, *а*), выпускаемые с шириной пишущих дисков 1/2; 3/4; 1; 1 1/2; 2; 2 1/2 и 3 *мм*, что соответствует толщинам проводимых линий. Шрифт можно обводить также при помощи специальных чертежных трубочек (рис. 33, *б*). Для изготовления сетки и разметки букв и цифр используют различные шаблоны (рис. 34.)

На рис. 35 цифрами и стрелками указана рекомендуемая последовательность обводки отдельных элементов прописных и строчных букв.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие размеры шрифта употребляются в черчении?
2. Укажите соотношения высот строчных и прописных букв.
3. Укажите соотношения ширины и высоты букв. Какие буквы составляют исключение из общего правила?
4. Какая ширина принята для букв А и М?
5. Чему равна толщина линий обводки букв и цифр?
6. Какое расстояние следует делать между буквами, словами и строками?
7. Укажите особенности написания букв Л, Ж, З, М и Ф.
8. При сочетании каких букв следует сокращать расстояние между ними?
9. В чем отличие между основным и широким наклонным шрифтом?
10. Какова последовательность выполнения надписей?

§ 4. МАСШТАБ. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

4.1. Масштаб

Не всегда есть возможность вычерчивать предметы в их натуральную величину. Большие изделия приходится изображать уменьшенными в несколько раз, малые — увеличенными.

Масштабы бывают численные, линейные и угловые. В настоящем параграфе рассматриваются численные масштабы, которые в дальнейшем называются просто масштабами.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображенного на чертеже предмета к его действительным размерам.

По ГОСТ 2.302—68 в черчении разрешается применять следующие величины масштабов:

Натуральная величина — 1 : 1.

Масштабы уменьшения — 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 4; 1 : 5; 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20; 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000.

Масштабы увеличения — 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1.

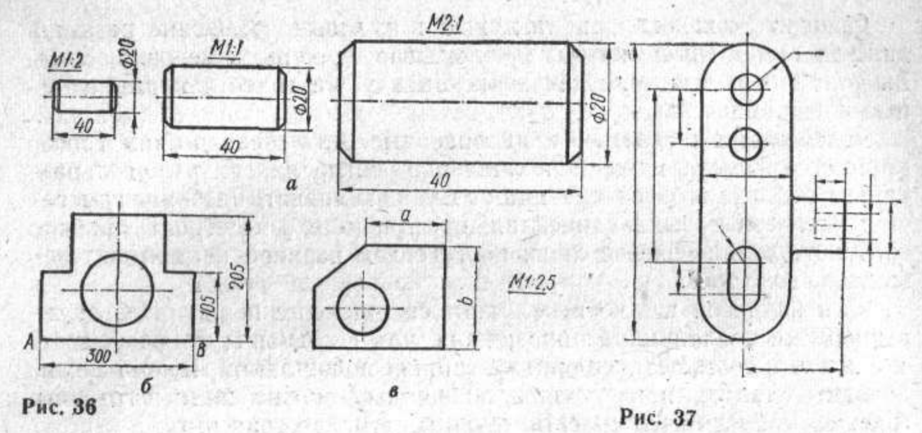


Рис. 36

Рис. 37

Предпочтение следует отдавать изображению предмета в натуральную величину.

Обозначение масштаба. При обозначении масштаба в специальной графе основной надписи букву М не пишут, а указывают только величину отношения, например 1 : 1; 1 : 2 и т. д. Если же какое-либо изображение на чертеже выполнено в масштабе, отличающемся от указанного в основной надписи, то над этим изображением указывают его условное обозначение, а под чертой записывают значение масштаба с добавлением буквы М, например: $\frac{\text{Вид А}}{\text{М 2:1}}$.

Правило нанесения размеров при выполнении чертежа в масштабе. Размеры на чертеже всегда проставляют действительные, независимо от величины масштаба. На рис. 36, *а* даны три изображения одного и того же цилиндрического штифта, выполненные в разных масштабах. Во всех случаях проставлены действительные размеры детали.

В черчении встречаются две характерные задачи, связанные с масштабом:

1. На рис. 36, *б* изображена пластинка. Нужно определить масштаб, в котором она вычерчена. Измерительной линейкой определяют размер стороны *АВ*, который равен 20 *мм*. Действительная величина этого отрезка 300 *мм*. Следовательно, масштаб, в котором выполнена данная деталь, составляет 1 : 15.

2. На рис. 36, *в* изображена деталь, вычерченная в масштабе: 1 : 2,5. Нужно оценить истинную величину отрезков *a* и *b*. Измерением определяем, что величина отрезка *a* равна 10,5 *мм*. Следовательно, истинная величина этого отрезка составляет $10{,}5 \times 2{,}5 = 26{,}25$ *мм*. Аналогично определяется и величина отрезка *b* ($b = 34{,}25$ *мм*).

4.2. Нанесение размеров

Общие требования. Размеры на чертежах наносят в соответствии с требованиями ГОСТ 2.307—68. Размерные числа служат основанием для определения габаритов изображенного изделия и размеров его составных частей.

Размеры разделяют на линейные и угловые. *Линейные* размеры проставляют в миллиметрах, не указывая единицы измерения, а *угловые* — в градусах, минутах и секундах с указанием единицы измерения (см. рис. 38).

Если размеры указывают на поле чертежа в технических требованиях, примечаниях и пояснительных надписях, то рядом с размерным числом во всех случаях следует записывать единицу измерения. Размерные числа проставляют только в десятичных дробях; простые дроби разрешается применять для размеров в дюймах, например, для обозначения трубной и конической резьб.

Каждый размер наносят на чертеже только один раз. Повторять размеры на различных изображениях или в надписях не разрешается. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы по чертежу можно было изготовить изделие и проконтролировать точность его изготовления.

Размеры, характеризующие три наибольших измерения предмета — длину, высоту и ширину (толщину), называются габаритными.

Размерные и выносные линии. Размеры на чертеже указывают размерными числами, проставляемыми над размерными линиями. В случае необходимости проводят и выносные линии. Размерная линия указывает границы измерения элемента предмета. Ее проводят между выносными линиями или непосредственно между линиями контура, осевыми, центровыми и др. На рис. 37 показаны случаи проведения размерных линий между линиями различного типа.

Рекомендуется выносить размерные линии за контур изображения, располагая их по возможности справа или снизу от изображения. Рассмотрим основные случаи проведения размерных линий:

а) нанося размер прямолинейного отрезка, размерную линию проводят параллельно этому отрезку и такой же длины, а выносные линии — перпендикулярно к размерным (рис. 38, *а*);

б) при нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в вершине угла; выносные линии идут радиально (рис. 38, *б*);

в) нанося размер радиуса, размерную линию проводят между дугой (или ее продолжением) и центром дуги (рис. 38, *в*);

г) нанося размер диаметра окружности, размерную линию проводят через центр (рис. 38, *б*) или параллельно одному из ее диаметров;

д) нанося размер дуги окружности, размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии — параллельно биссектрисе угла; над размерным числом наносят знак ⌒ дуги (рис. 38, *г*). Допускается проводить выносные линии размера дуги радиально и, если необходимо, указывать, к какой дуге относится данный размер (рис. 38, *д*).

Размерные и выносные линии выполняют тонкими сплошными линиями толщиной $s/3 \ldots s/2$. Расстояние между параллельными размерными линиями и от размерной до параллельной ей контурной, осевой или выносной линии должно быть в пределах 6 ... 10 *мм* (рис. 38, *а*). Выносные линии проводят от линий видимого контура,

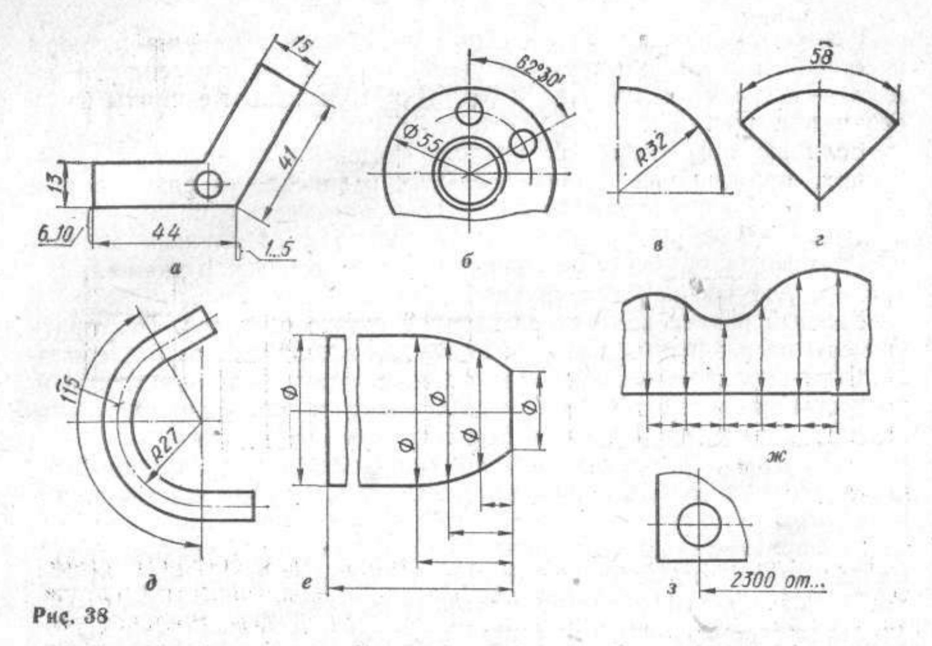


Рис. 38

осевых, центровых и, в случае необходимости, от линий невидимого контура (рис. 37). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на 1 ... 5 *мм* (рис. 38, *а*). Нужно избегать пересечения размерных и выносных линий. Не допускается использовать в качестве размерных линии контура, осевые, центровые и выносные или их продолжения. Исключением является нанесение размеров на лекальном контуре, когда в качестве размерных допускается использовать выносные линии (рис. 38, *е*, *ж*).

Если вид или разрез симметричного предмета либо отдельных его симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерную линию проводят также с обрывом несколько далее оси или линии обрыва самого предмета (рис. 39, *а*). Размерную линию проводят также с обрывом:

а) в некоторых из случаев нанесения диаметра окружности, независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично (рис. 38, *б*). Размерную линию проводят несколько далее центра окружности;

б) при нанесении размера от базы, не изображенной на данном чертеже (рис. 38, *з*).

При разрыве изображения размерную линию проводят полностью (рис. 39, *б*).

Стрелки. Величину стрелки размерной линии выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура (рис. 39, *в*). Длина стрелки $l = (6 \div 10)\ s$, а ширина ее основания $h \approx 2s$, где s — толщина линии видимого контура. Обычно длину стрелки берут в пределах 4 ... 6 *мм*. Острия стрелок упираются в линии контура, выносные, центровые или осевые линии.

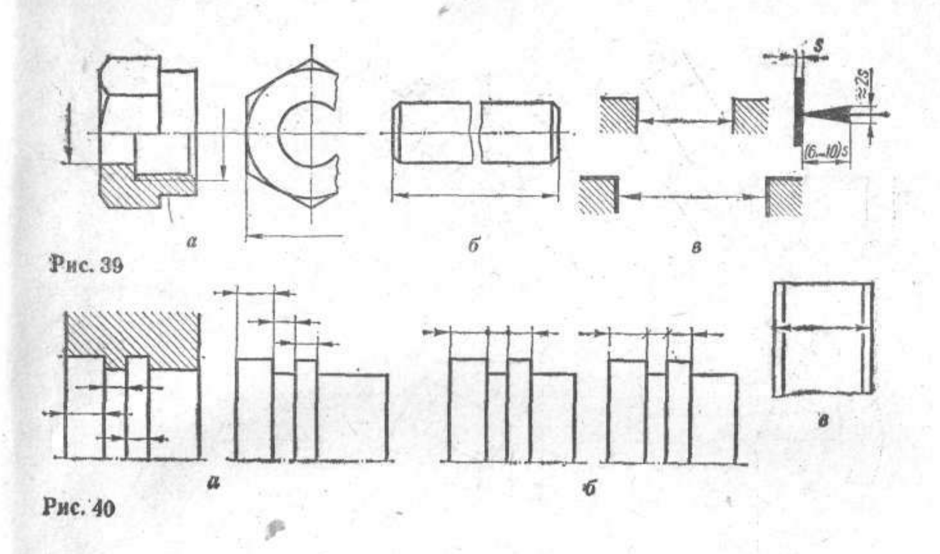


Рис. 39

Рис. 40

Если длина размерной линии недостаточна для обычного размещения стрелок, то ее нужно продолжить и стрелки нанести с наружной стороны границ размера (рис. 40, *а*). При последовательном размещении размеров в виде цепочки и отсутствии места для стрелок допускается заменять их точками или штрихами, наносимыми под углом 45° (рис. 40, *б*). Если стрелка пересекает линию видимого контура или выносную линию, то названные линии в месте расположения стрелки прерывают (рис. 40, *в*).

Размерные числа следует писать стандартным шрифтом размера 3,5 и 5. Размерные числа наносят над размерной линией, параллельно ей и по возможности ближе к ее середине (рис. 41, *а*). При нескольких параллельных или концентрических размерных линиях, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга, размерные числа располагают в шахматном порядке (рис. 41, *б*).

На рис. 41, *в* показано, как наносить *числа линейных размеров* при различных наклонах размерных линий. Если размерные линии вертикальны, числа располагают так, чтобы они читались справа; при наклонных размерных линиях их располагают основаниями книзу. В пределах углов, выделенных на рис. 41, *в* штриховкой, размерные числа наносят на полке линии-выноски (рис. 41, *г*).

На рис. 41, *д* показано, как наносить *угловые размеры*. Следует обратить внимание на то, что в зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости, а в зоне, расположенной ниже горизонтальной линии,— со стороны вогнутости. Как и для линейных размеров, не рекомендуется наносить размерные числа в заштрихованной зоне. Если все же это необходимо, то размерные числа наносят на полке линии-выноски. Размерные числа для углов малых размеров допускается помещать на полке независимо от зоны расположения (рис. 41, *е*).

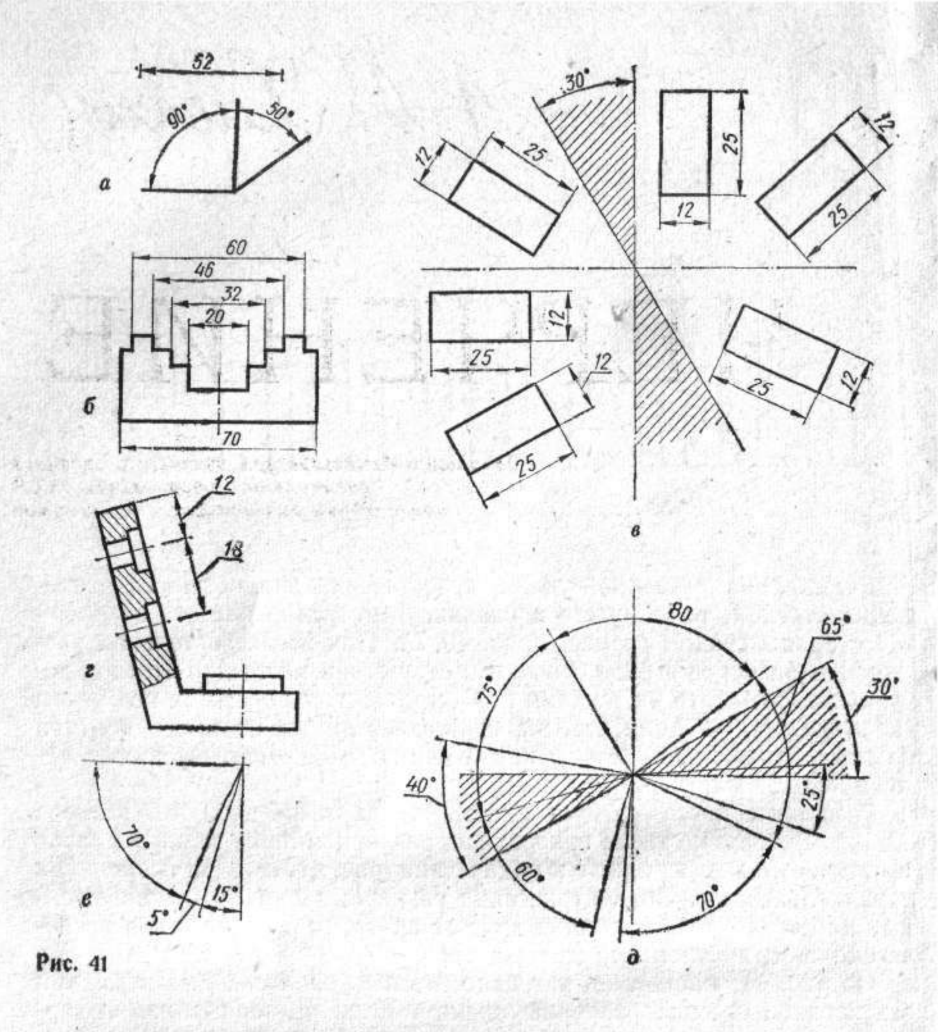


Рис. 41

Если над размерной линией места недостаточно (рис. 42, *а*), то размерные числа наносят на продолжении ее или выносят на полку, расположенную параллельно основной надписи чертежа. Выбор того или иного способа расположения размерного числа зависит от удобства чтения чертежа. Не допускается разделять или пересекать размерные числа какими бы то ни было линиями или наносить их в местах пересечения размерных, осевых и центровых линий. Если необходимо, такие линии прерывают (рис. 42, *б*). Не разрешается разрывать линию контура для нанесения размерного числа. Если размерное число наносят на заштрихованное поле чертежа, то штриховку прерывают (рис, 42, *в*).

Радиусы. Перед размерным числом радиуса помещают прописную латинскую букву *R*, высота которой должна быть равна высоте цифры. Размерную линию радиуса проводят из центра дуги (рис. 43, *а*). Эта

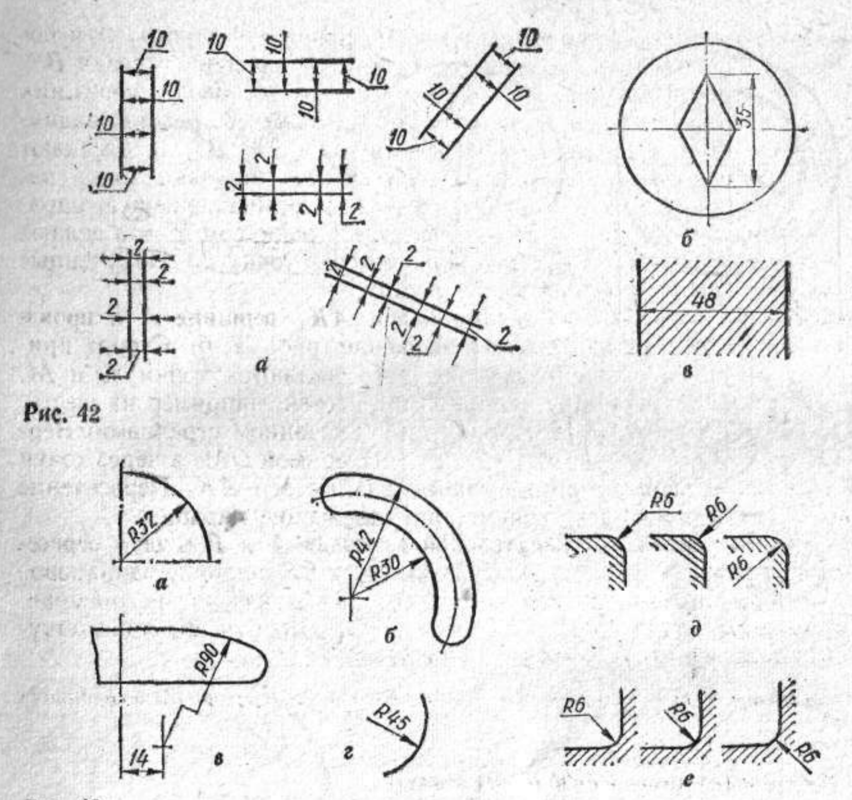


Рис. 42

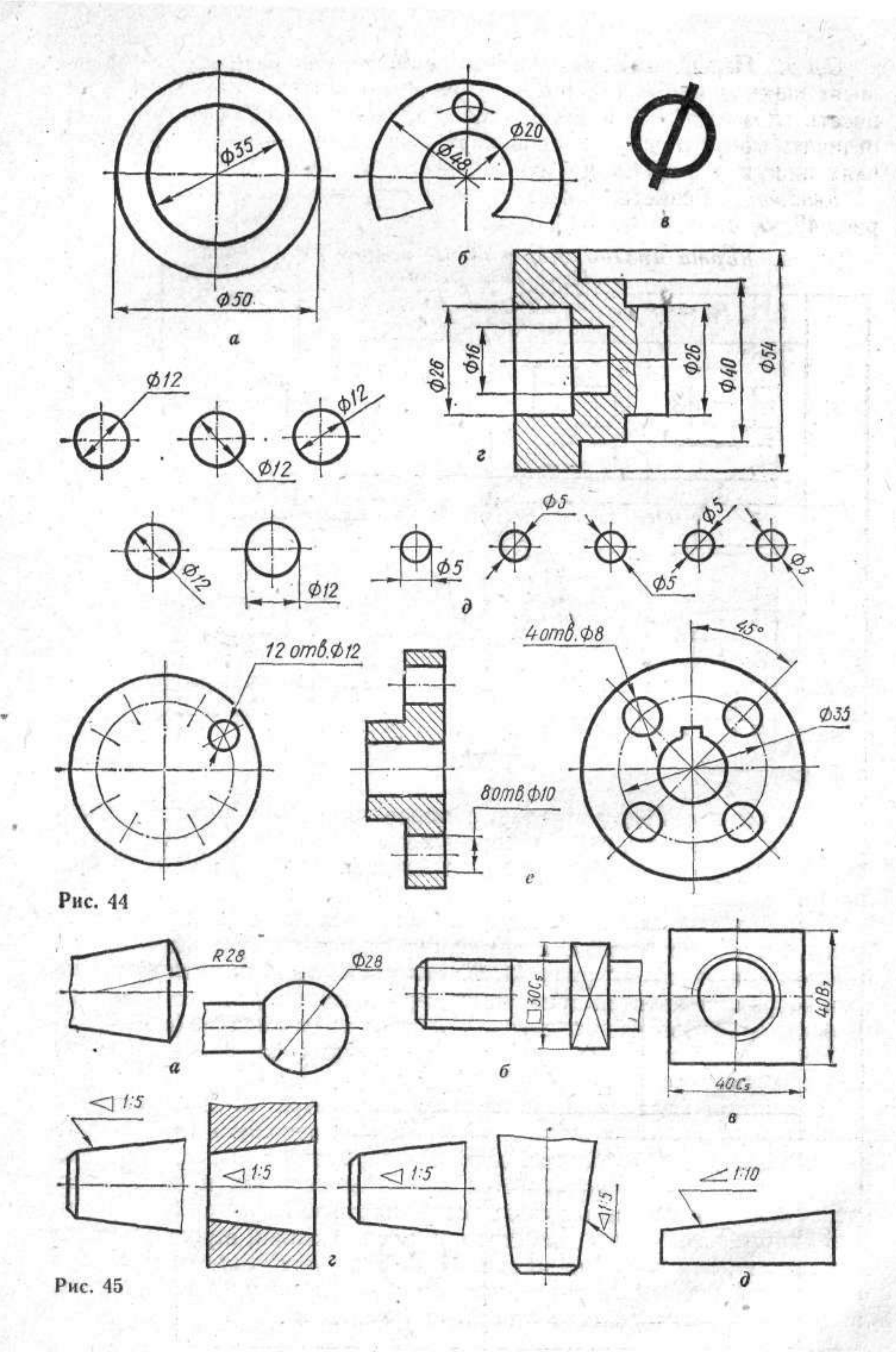
Рис. 43

линия имеет лишь одну стрелку, которая упирается в контур дуги. Если нужно показать размер, определяющий положение центра дуги, то его обозначают пересечением центровых (рис. 43, *б*) или выносных линий.

При большой величине радиуса дуги разрешается приближать центр к дуге окружности, а размерную линию радиуса выполнять с изломом под углом 90° (рис. 43, *в*). Если нет необходимости фиксировать координаты центра дуги, то размерную линию радиуса можно не доводить до центра или же смещать ее относительно центра (рис. 43, *г*).

Небольшие радиусы наружных и внутренних скруглений наносят так, как показано на рис. 43, *д*, *е*.

Диаметры. Перед размерным числом диаметра во всех случаях наносят знак диаметра ∅ (рис. 44, *а*, *в*). При неполном изображении окружности размерную линию диаметра обрывают за центром окружности (рис. 44, *б*). Рекомендуется диаметры внешних и внутренних ступеней детали выносить в разные стороны от изображения (рис. 44, *г*). Для окружностей малых диаметров размерные линии, стрелки и числа наносят так, как показано на рис. 44, *д*. Если деталь имеет несколько одинаковых отверстий, то на полке линии-выноски указывают их количество и диаметр одного отверстия (рис. 44, *е*).

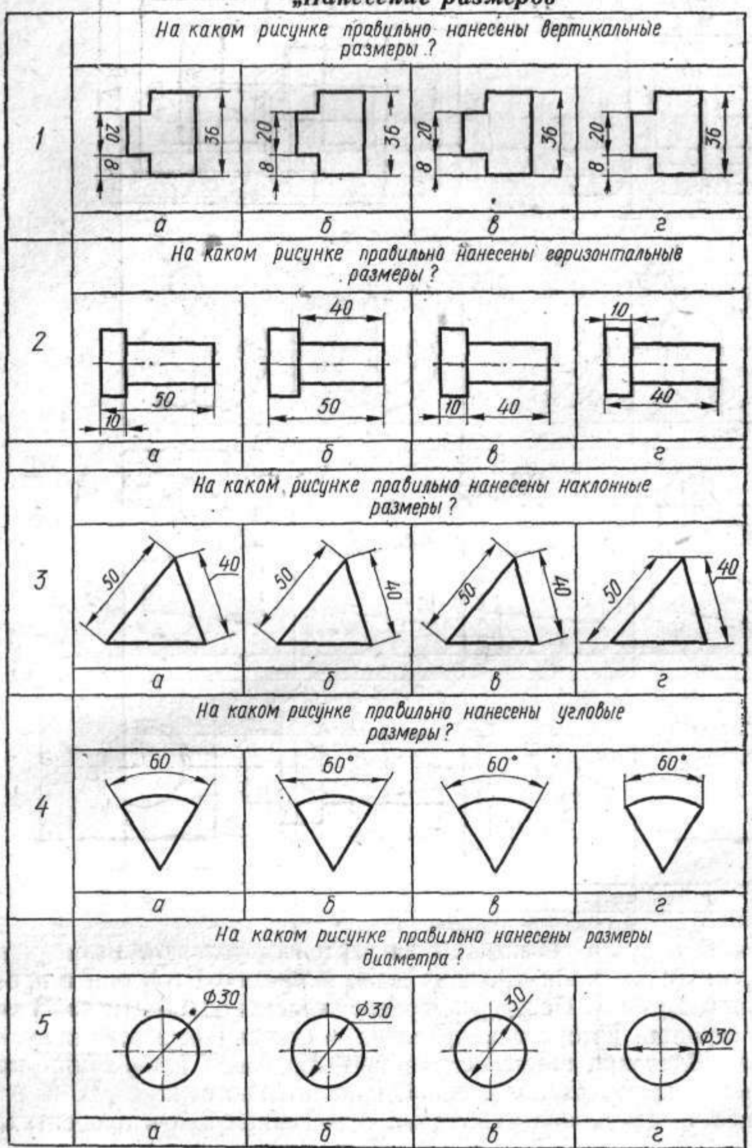

Ø35
Ø50
а
Ø20
Ø48
б
в
Ø26
Ø16
Ø26
Ø40
Ø54
г
Ø12
Ø12
Ø12
Ø12
Ø12
Ø5
Ø5
Ø5
Ø5
Ø5
д
12 отв.Ø12
8 отв.Ø10
4 отв.Ø8
45°
Ø35
е
Рис. 44

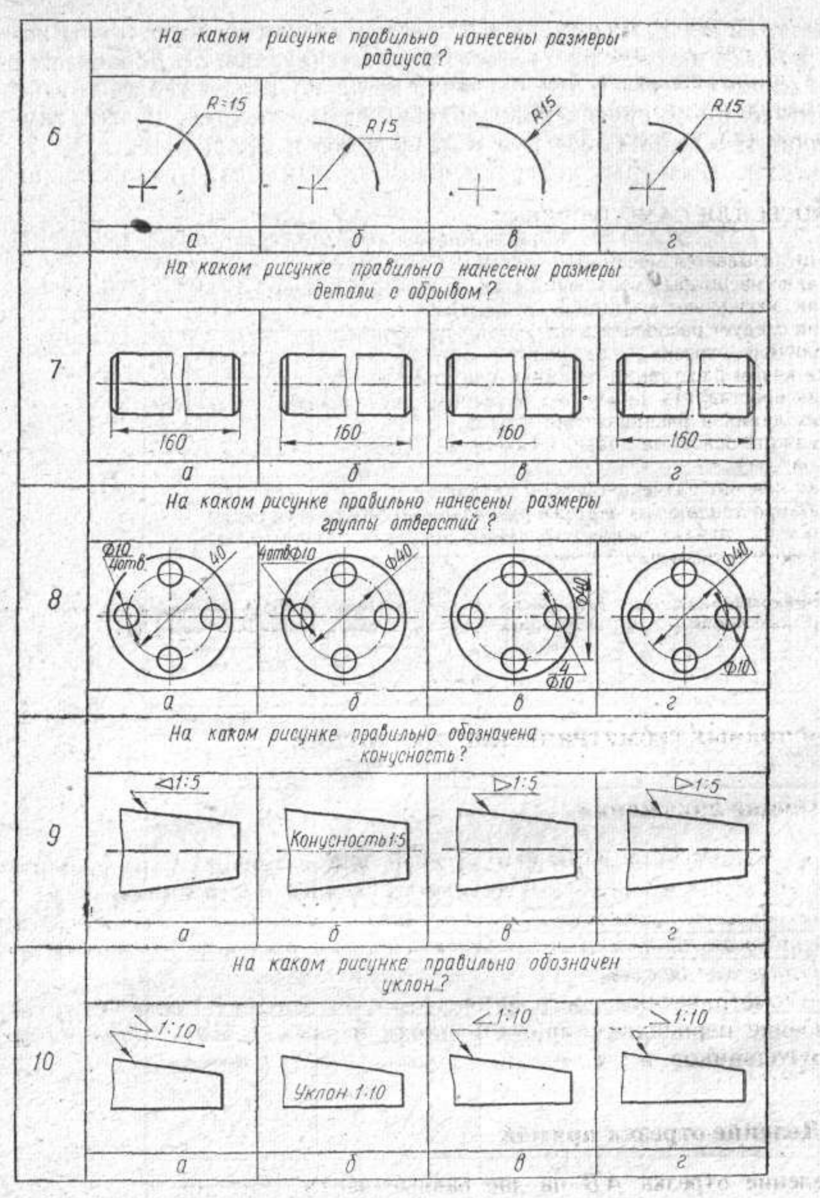
R28
Ø28
а
□30C₅
б
40B₇
40C₅
в
◁ 1:5
◁ 1:5
◁ 1:5
◁ 1:5
г
∠ 1:10
д
Рис. 45

Сфера. Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят знаки ⌀ или *R*; слово «Сфера» не пишут (рис. 45, *а*). Допускается писать слово «Сфера» в тех случаях, когда по изображению трудно отличить сферу от других криволинейных поверхностей. В этих случаях пишут: «Сфера ⌀ 30» или «Сфера *R* 35» и т. д.

Квадрат. Размеры квадрата наносят так, как показано на рис. 45, *б*, *в*.

Карта программированного контроля по теме „Нанесение размеров“





Конусность и уклон обозначают на чертежах условно. Размерное число конусности указывают отношением, например 1 : 2, или в процентах, например 50%. Перед размерным числом конусности наносят знак ▷, вершина которого направлена в сторону вершины конуса (рис. 45, *г*). Значение конусности пишут над осью конуса или на полке линии-выноски, расположенной параллельно оси.

Размерное число уклона указывают отношением или в процентах.

Перед размерным числом наносят знак ∠, вершина которого направлена в сторону снижения уклона (рис. 45, *д*). Надпись размещают на полке линии-выноски, расположенной параллельно той линии, по отношению к которой определено значение уклона (рис. 45, *д*). Линия-выноска для уклона и конусности оканчивается стрелкой.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется масштабом чертежа?
2. Какие масштабы уменьшения и увеличения применяют по ГОСТ 2.302—68?
3. Как обозначают масштабы на чертеже?
4. Как следует располагать на чертеже размерные и выносные линии для измерения величины отрезка, угла, радиуса и дуги?
5. На каком расстоянии от линии контура проводят размерные линии?
6. Как проставлять на чертеже размерные числа в зависимости от наклона размерных линий и расположения углов?
7. Укажите основные правила нанесения размеров диаметров окружностей и радиусов дуг?
8. Как наносят размеры сферы и квадрата?
9. Как проставляют на чертеже размеры конусности и уклона?
10. В каких случаях размерную линию проводят с обрывом?
11. Начертите размерную стрелку и укажите ее размеры.

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Нанесение размеров» (с. 35, 36). Правильность ответов проверьте на с. 441.

§ 5. ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

5.1. Общие положения

При выполнении чертежей деталей или в процессе их разметки часто приходится прибегать к геометрическим построениям.

Под геометрическими построениями понимают элементарные построения на плоскости, в основе которых лежат определенные геометрические законы.

К геометрическим построениям относят: деление отрезков, углов, построение перпендикулярных и параллельных прямых, правильных многоугольников и т. п.

5.2. Деление отрезка прямой

Деление отрезка *AB* на две равные части (рис. 46, *а*). Из точек *A* и *B*, как из центров, радиусом *R*, бо́льшим половины отрезка *AB*, проводят дуги окружностей до взаимного пересечения в точках *M* и *N*. Прямая *MN* делит отрезок *AB* пополам. Аналогично часть *BC* поделена еще на две равные части.

Деление отрезка *AB* на произвольное число равных частей (рис. 46, *б*). Чтобы отрезок *AB* поделить графически на пять равных частей, из крайней точки *A* под произвольным углом к *AB* проводят

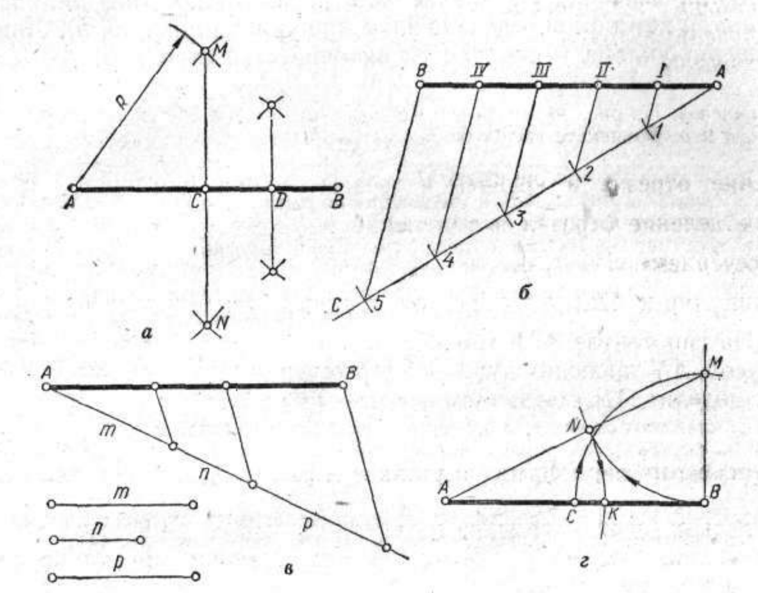

R
M
A
C
D
B
N
а
B
IV
III
II
I
A
1
2
3
4
5
C
б
A
B
m
n
p
m
n
p
в
M
N
A
C
K
B
г

Рис. 46

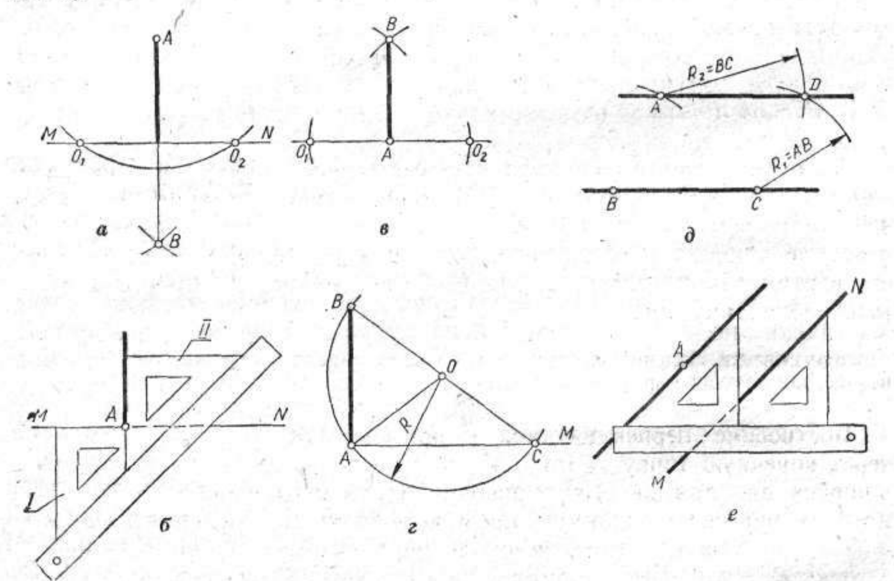

A
M
N
O_1
O_2
B
а
B
O_1
A
O_2
в
$R_2 = BC$
A
D
$R_1 = AB$
B
C
д
II
M
A
N
I
б
B
O
R
A
C
M
г
N
A
M
е

Рис. 47

вспомогательную прямую AC, на которой откладывают пять равных частей произвольной длины. Крайнюю точку 5 соединяют с точкой B и при помощи угольника и линейки проводят прямые, параллельные $B5$. Полученные точки I, II, III, IV поделят отрезок AB на пять равных частей.

Упражнение. На рис. 46, *в* отрезок AB поделен на части, пропорциональные отрезкам m, n и p. Объясните выполненное построение.

Деление отрезка в крайнем и среднем отношениях (рис. 46, *г*). Подобное деление отрезка в отношении $\frac{AB}{AK} = \frac{AK}{BK}$ называется «золотым сечением». Из точки B при помощи угольника восставляют перпендикуляр к AB, на котором откладывают отрезок $BM = \frac{AB}{2} = AC$. На гипотенузе AM отмечают величину $MN = MB$. Из центра A радиусом AN проводят дугу до пересечения с AB в точке K, которая и поделит AB в заданном отношении.

5.3. Построение перпендикулярных и параллельных прямых

Построение перпендикуляра к середине отрезка AB (рис. 46, *а*). Прямая MN на рис. 46, *а* и будет перпендикуляром, проходящим через середину отрезка AB.

Построение перпендикуляра к прямой MN из точки A, лежащей вне этой прямой (рис. 47, *а*). Из точки A, как из центра, произвольным радиусом проводят дугу, которая пересечет прямую MN в точках O_1 и O_2. Из полученных точек радиусом, бо́льшим половины отрезка O_1O_2, проводят дуги до взаимного пересечения в точке B. Прямая AB — искомый перпендикуляр к MN.

Построение перпендикуляра к прямой через точку A, принадлежащую этой прямой (рис. 47, *б*). Устанавливают угольник так, чтобы его катет совпал с прямой MN (положение I). Прикладывают к гипотенузе линейку и, передвигая угольник по линейке до совпадения его вертикального катета с точкой A (положение II), проводят искомый перпендикуляр.

Упражнение. Поясните построение перпендикуляра к прямой из точки A, выполненное при помощи циркуля (рис. 47, *в*).

Построение перпендикуляра к прямой AM, который проходит через конечную точку A (рис. 47, *г*). Из произвольной точки O, находящейся вне прямой AM, проводят окружность радиусом $R = OA$, которая пересечет заданную прямую в точке C. Соединяют точки C и O и продолжают этот отрезок до пересечения с дугой окружности в точке B. Угол BAC — прямой, как вписанный в окружность и опирающийся на диаметр; следовательно, прямая AB — искомый перпендикуляр.

Построение через точку A прямой, параллельной BC (рис. 47, *д*). Из C, как из центра, проводят дугу радиусом $R_1 = AB$, а из A —

радиусом $R_2 = BC$. Пересечение этих дуг дает точку D. Прямые AD и BC параллельны как противоположные стороны параллелограмма.

На рис. 47, *е* при помощи угольника и линейки через точку A проведена прямая, параллельная прямой MN.

5.4. Построение и измерение углов. Деление углов

Построение угла, равного данному (рис. 48, *а*). Из вершины B произвольным радиусом R проводят дугу MN и тем же радиусом из B_1 — дугу M_1N_1. Радиусом R_1, равным величине хорды MN, из M_1, как из центра, проводят вторую дугу до пересечения с дугой радиуса R в точке N_1. Угол $M_1B_1N_1$ равен углу MBN.

Построение и измерение углов при помощи транспортира (рис. 48, *б*). При помощи транспортира рекомендуется строить те углы, которые невозможно построить двумя угольниками. Например, на прямой MN в точке A нужно построить угол, равный 53,5°. Для этого устанавливают транспортир так, чтобы центр O совпал с точкой A, а начальная прямая транспортира совпала с прямой MN. На шкале против деления 53,5° отмечают точку B и проводят через A и B вторую сторону искомого угла. Аналогично производят и измерение углов транспортиром.

Построение углов при помощи рейсшины и угольников (рис. 48, *в*). Двумя угольниками с углами 45, 30 и 60° вместе с линейкой или с рейсшиной можно построить углы, кратные 15° . На рис. 48, *в* построены углы 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 и 150°.

Деление угла на две равные части (рис. 49, *а*). Из вершины B угла произвольным радиусом проводят дугу, пересекающую стороны угла в точках M и N. Из полученных точек, как из центров, радиусом, бóльшим половины хорды MN, проводят дуги окружностей до пересечения в точке E. Прямая BE является биссектрисой угла ABC, т. е. делит его на две равные части.

Упражнение. Поделите угол на четыре и восемь равных частей.

Деление прямого угла на три равные части (рис. 49, *б*). Произвольным радиусом R из вершины B прямого угла проводят дугу. Из полученных точек M и N этим же радиусом проводят дуги до пересечения с дугой MN в точках E и F. Прямые BE и BF поделят прямой угол на три равные части. На рис. 49, *в* деление прямого угла на три равные части выполнено при помощи угольника.

Упражнение. Используя рассмотренное построение (рис. 49, *б*), постройте угол, равный 15°.

5.5. Построение плоских фигур

Построение треугольника ABC по трем отрезкам m, n и p (рис. 50, *а*). На произвольной прямой откладывают отрезок $AB = n$. Из точки A, как из центра, описывают дугу радиусом $R_1 = m$, а из точки B — дугу радиусом $R_2 = p$ до взаимного их пересечения в точке C. Найденную точку C соединяют с точками A и B.

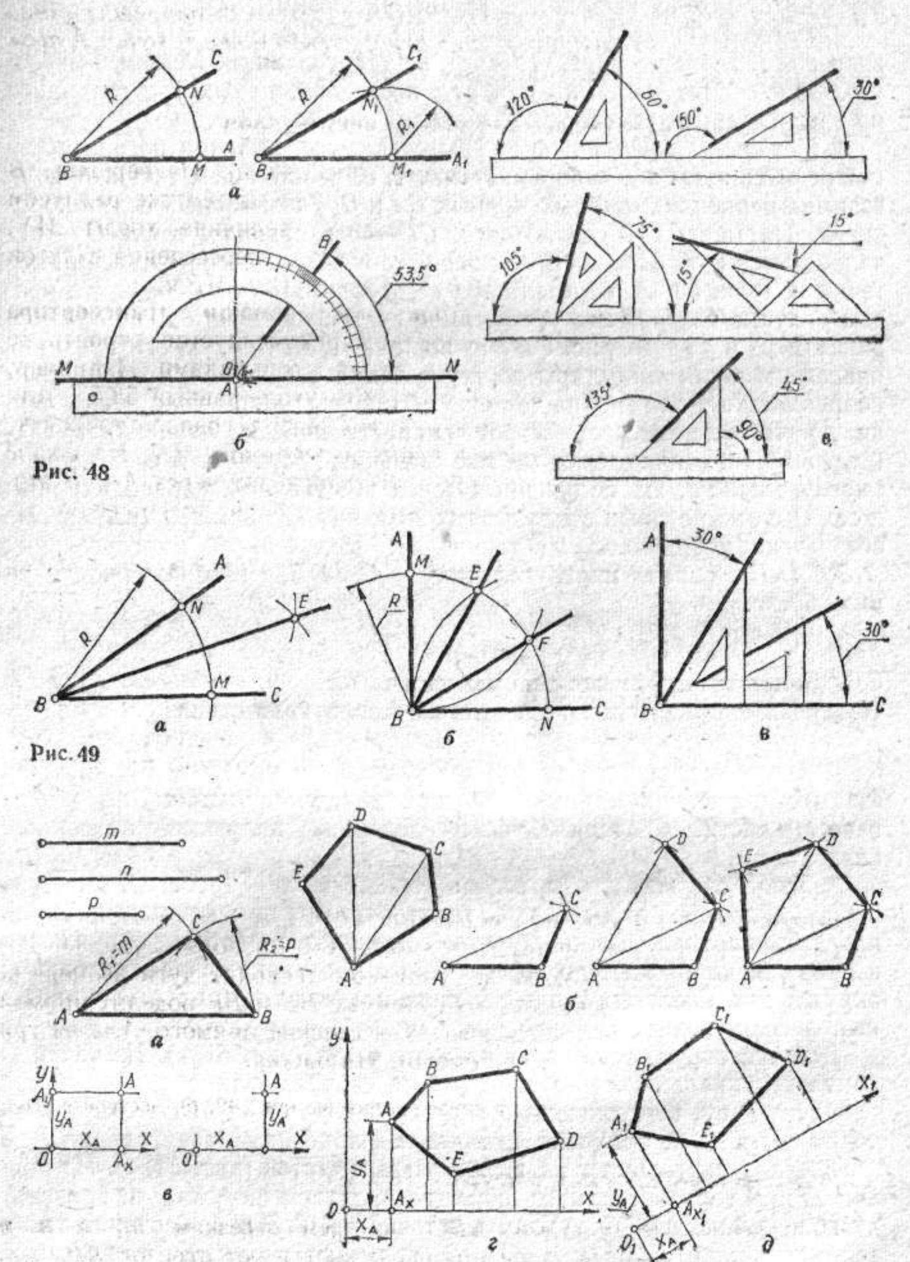


Рис. 48

Рис. 49

Рис. 50

Построение многоугольника, равного данному (рис. 50, *б*, *г*). Это построение можно выполнить двумя способами:

1-й способ (триангуляционный). Из точки *А* (рис. 50, *б*) проводят диагонали, делящие многоугольник на треугольники. Искомый многоугольник строят поэтапно как ряд последовательных треугольников по трем отрезкам способом, указанным на рис. 50, *а*.

2-й способ (координатный). Положение любой точки на плоскости может быть задано ее координатами, т. е. расстоянием точки от двух взаимно перпендикулярных прямых *Ox* и *Oy*, называемых осями координат. Прямая *Ox* — ось абсцисс, *Oy* — ось ординат, точка *O* — начало координат. Положение любой точки на плоскости, например точки *А* (рис. 50, *в*), определяется ее координатами x_A и y_A. На правом рисунке изображено упрощенное построение точки *А* по ее координатам x_A и y_A На рис. 50, *г* из вершин *A*, *B*, *C*, ... многоугольника проведены перпендикуляры до пересечения с осью *Ox* и определены координаты всех точек (на чертеже обозначены лишь координаты точки *А*). В нужном месте строят направление оси координат O_1x_1 (рис. 50, *д*) и откладывают на ней значения координат *x* всех вершин многоугольника. Из полученных точек восставляют перпендикуляры к оси O_1x_1, на которых откладывают значения координат *y* (на чертеже обозначена координата y_A точки *А*). Полученный многоугольник $A_1B_1C_1D_1E_1$ равен многоугольнику *ABCDE*, изображенному на рис. 50, *г*.

5.6. Деление окружности на равные части. Построение правильных вписанных многоугольников

Деление окружности на четыре равные части (рис. 51, *а*). Два взаимно перпендикулярных диаметра делят окружность на четыре равные части. Соединяя точки деления, получают вписанный квадрат.

Деление окружности на восемь равных частей (рис. 51, *б*). Дуги между точками *A* и *C*, *B* и *C* делят пополам при помощи циркуля или транспортира. Точки деления соединяют с центром окружности и продолжают прямые до пересечения с противоположной половиной окружности. Соединяя точки деления, получают правильный вписанный восьмиугольник.

Деление окружности на три равные части (рис. 51, *в*). Из точки *D* конца вертикального диаметра, как из центра, радиусом окружности проводят дугу, пересекающую окружность в точках *M* и *N*. Соединяя точки *M*, *N* и *C*, получают правильный вписанный треугольник.

Деление окружности на шесть равных частей (рис. 51, *г*). Из концов *A* и *B* горизонтального диаметра радиусом окружности проводят дуги, пересекающие окружность в точках *1*, *2*, *3* и *4*. Соединяя точки деления между собой и с *A* и *B*, получают правильный вписанный шестиугольник.

Упражнение. Поясните построение правильного двенадцатиугольника (рис. 51, *д*).

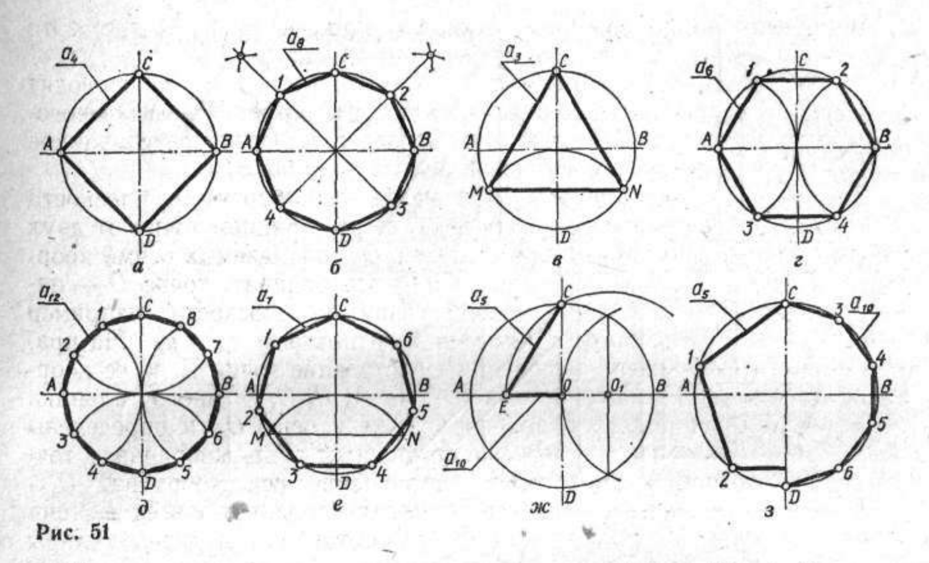


Рис. 51

Деление окружности на семь равных частей (рис. 51, *е*). Разделив окружность на три равные части, получают хорду *MN* — сторону правильного вписанного треугольника. Половина этой хорды с достаточным приближением равна стороне вписанного семиугольника.

Деление окружности на пять и десять равных частей (рис. 51, *ж*, *з*). Радиус окружности *OB* делят на две равные части и, принимая точку O_1 за центр, проводят дугу радиусом, равным отрезку O_1C. Эта дуга пересекает горизонтальный диаметр окружности в точке *E*. Отрезок *EC* дает величину стороны правильного вписанного пятиугольника, а отрезок *EO* приближенно равен стороне вписанного десятиугольника. На рис. 51, *з* показаны половины вписанных пятиугольника и десятиугольника.

Деление окружности на равные части при помощи таблицы хорд. Разделить окружность на равные части можно также при помощи

Таблица 3

Деление окружности на равные части (таблица хорд)

Количество частей	Длина хорды на единицу длины диаметра	Количество частей	Длина хорды на единицу длины диаметра
3	0,866	9	0,342
4	0,707	10	0,309
5	0,588	11	0,282
6	0,500	12	0,258
7	0,434	13	0,239
8	0,383	14	0,223

Таблица 4

Диаметр описанной окружности в зависимости от длины *a* стороны многоугольника

Число сторон правильного многоугольника	Диаметр описанной окружности *d*	Число сторон правильного многоугольника	Диаметр описанной окружности *d*
3	1,154*a*	8	2,614*a*
4	1,414*a*	9	2,924*a*
5	1,702*a*	10	3,230*a*
6	2,000*a*	11	3,550*a*
7	2,304*a*	12	3,864*a*

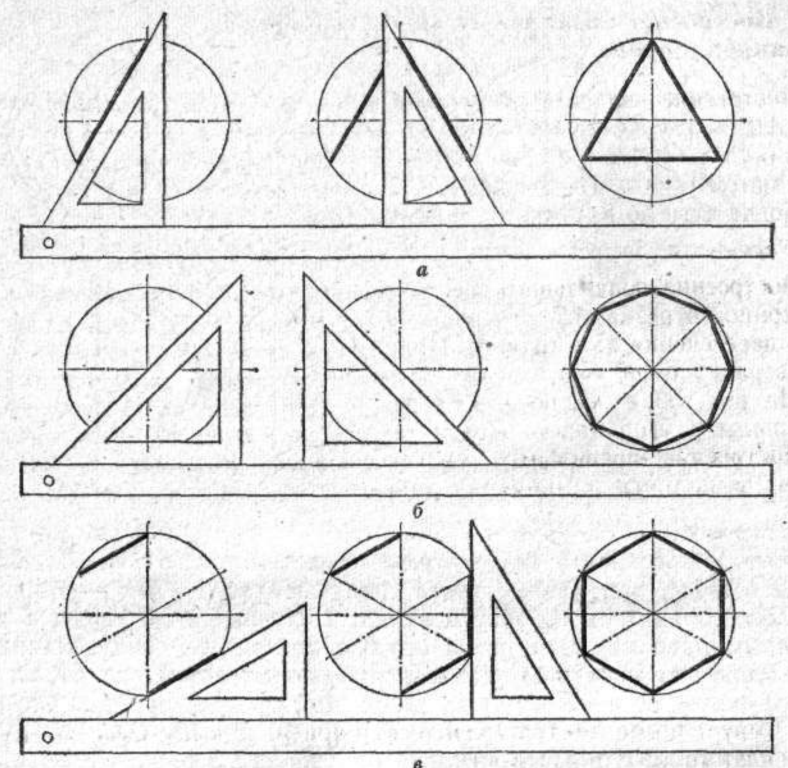


Рис. 52

таблицы хорд (табл. 3). В первой графе таблицы указано, на сколько равных частей делится окружность, т. е. число сторон вписанного многоугольника; во второй графе приведено значение длины хорды, приходящееся на единицу длины диаметра, т. е. дан коэффициент, на который нужно помножить значение диаметра, чтобы получить размер хорды.

Например, в окружность диаметром 80 *мм* требуется вписать правильный девятиугольник. По таблице определяют, что коэффициент равен 0,342. Следовательно, длина хорды составит $80 \times 0{,}342 = 27{,}36$ *мм*. Проводят окружность и откладывают на ней девять раз найденное значение длины хорды. Соединяя точки деления, получают правильный девятиугольник.

Упражнение. Используя таблицу хорд, вычертите правильный одиннадцатиугольник.

Применяя угольники и рейсшину, можно разделить окружность на четыре, шесть, восемь и двенадцать равных частей. Некоторые из этих построений приведены на рис. 52.

5.7. Построение правильных многоугольников по данной стороне

Построение квадрата по стороне a (рис. 53, *а*). Откладывают отрезок $AB = a$ и из его конца, например из точки A, восставляют перпендикуляр к AB (см. рис. 47, *г*). На перпендикуляре откладывают величину $AC = a$. Из точек B и C, как из центров, радиусами $R = a$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке D.

Упражнение. Постройте квадрат при помощи рейсшины и угольников.

Построение правильного шестиугольника по стороне a (рис. 53, *б*). Из концов отрезка $AB = a$ радиусом $R = a$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке O. Принимая O за центр, проводят окружность радиусом $R = a$ и делят ее на шесть равных частей.

На рис. 53, *в* построение шестиугольника выполнено при помощи рейсшины и угольников. Поясните произведенное построение.

Построение правильных многоугольников по данной стороне a можно выполнить и применяя данные табл. 4.

Пример. Нужно построить правильный семиугольник, сторона которого равна 30 *мм*. По табл. 4 определяют коэффициент, на который следует помножить длину стороны, чтобы получить величину диаметра описанной окружности. В данном случае коэффициент равен 2,304; следовательно, $d = 30 \times 2{,}304 = 69{,}12$ *мм*. Полученным диаметром описывают окружность, в которую вписывают семиугольник со стороной $a = 30$ *мм*.

Упражнение. Постройте одиннадцатиугольник со стороной 20 *мм*.

5.8. Определение центра дуги окружности и величины радиуса. Спрямление дуги окружности

Определение центра дуги окружности. Чтобы найти центр дуги окружности, проводят две произвольные хорды AB и CD (рис. 54, *а*). Пересечение перпендикуляров, восставленных к серединам каждой хорды, даст центр дуги — точку O. Одновременно определится и величина радиуса окружности.

Приближенный способ определения длины l дуги $\overset{\frown}{AB}$ окружности (рис. 54, *б*). Через середину хорды AB проводят перпендикуляр до пересечения с дугой в точке K. Из точек C и D, как из центров, радиусами $R = d$ проводят дуги до взаимного пересечения их в точке O_1. Из точки O_1 проводят лучи O_1A и O_1B до пересечения с касательной к окружности, проходящей через точку K. Величина отрезка A_1B_1 приближенно равна длине дуги $\overset{\frown}{AB}$. На этом же чертеже отрезок KC_1 дает значение спрямленной дуги четверти окружности.

5.9. Построение уклона и конусности

Наклон одной линии относительно другой, расположенной горизонтально или вертикально, характеризует величину, называемую уклоном.

В прямоугольном треугольнике ABC (рис. 55, *а*) наклон гипотенузы AB к катету AC можно выразить либо углом α в градусах, либо

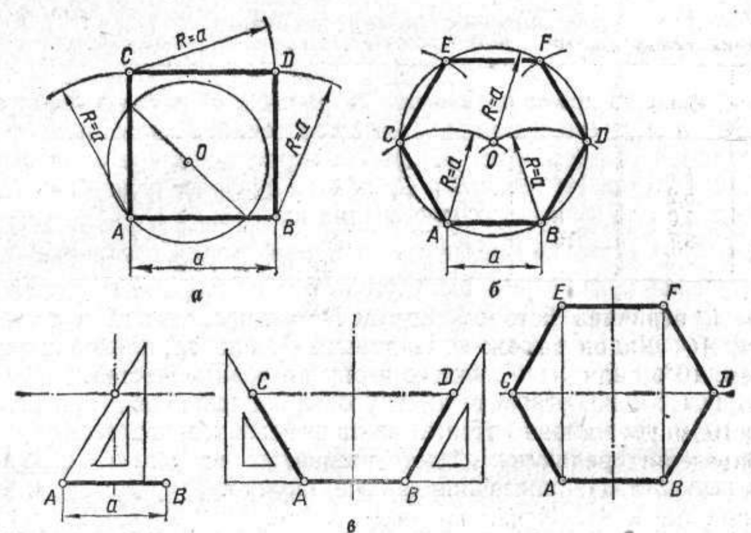


Рис. 53

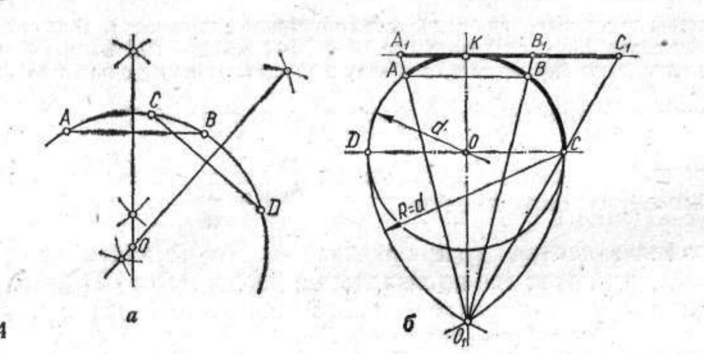


Рис. 54

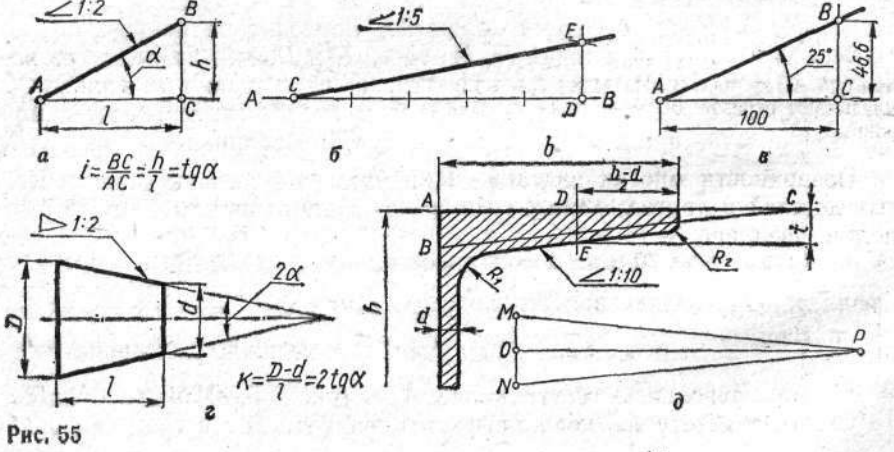


Рис. 55

Таблица 5

Соотношения между углами, *град*, и соответствующими уклонами, %

Угол α	Уклон	Угол α	Уклон	Угол α	Уклон	Угол α	Уклон
1	1,7	6	10,5	12	21,3	30	57,7
3	5,2	7	12,3	15	26,8	35	70,0
4	7,0	8	14,0	20	36,4	40	83,9
5	8,7	10	17,6	25	46,6	45	100,0

уклоном i, величина которого определяется отношением катета BC к катету AC. Уклон выражают в процентах или в виде отношения, например: 10%, или 1 : 10. Обозначение уклона на чертежах выполняют по ГОСТ 2.307—68 (см. с. 37).

С построением уклона связаны две основные задачи:

1. Определить величину уклона прямой AB относительно прямой AC (рис. 55, *а*). Из произвольной точки C прямой AC восставляют перпендикуляр к AC. Измеряют длину катетов BC и AC и делят первую величину на вторую. Допустим, что длина катета BC равна 10 *мм*, а катета AC — 20 *мм*. В этом случае величина уклона равна 1 : 2, или 50%.

2. Дан отрезок AB и на нем точка C (рис. 55, *б*). Через точку C нужно провести прямую с уклоном 1 : 5 к заданному отрезку. На прямой AB от точки C откладывают пять равных произвольных отрезков. Из полученной точки D восставляют перпендикуляр, на котором откладывают один отрезок такой же величины. Прямая, проведенная через точки C и E, имеет уклон 1 : 5 по отношению к прямой AB.

Упражнение. Через точку A проведите прямую с уклоном 14% к горизонтальному направлению.

Соотношения между величинами углов в градусах и соответствующими уклонами в процентах даны в табл. 5.

Пример. Построить угол BAC, равный 25° (рис. 55, *в*).
Из табл. 5 следует, что углу 25° отвечает уклон 46,6%. Проводят горизонтальную прямую AC = 100 *мм*. Из точки C восставляют перпендикуляр к AC, на котором откладывают отрезок BC = 46,6 *мм*. Соединяя точки A и B, получают угол BAC, равный 25°.

Поверхности многих изделий, например швеллеров, рельсов, литых деталей и других, имеют различные уклоны. Рассмотрим чертеж полки швеллера № 18 (рис. 55, *д*). По взятым из стандарта размерам (h = 180 *мм*, b = 70 *мм*, d = 5,1 *мм*) вычерчивают основной контур швеллера. Определяют положение точки E, рассчитывая размер $\frac{b-d}{2} = \frac{70-5,1}{2} = 32,5$ *мм*, и откладывают в этой точке значение t = 8,7 *мм*. Через полученную точку E проводят прямую с уклоном 10%. Выполнить это можно двумя способами:

1-й способ. На основании полки швеллера откладывают отрезки $AC = 100$ *мм* и $AB = 10$ *мм* и через точку E проводят прямую, параллельную гипотенузе BC.

2-й способ. На свободном месте поля чертежа проводят линии MP и NP, имеющие уклон 10%, и через точку E проводят прямую, параллельную NP.

Конусность определяется отношением разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними (рис. 55, *г*), т. е. $K = \frac{D-d}{l} = 2\ \mathrm{tg}\,\alpha$.

Величина конусности на рис. 55, *г* равна 1 : 2. Конусность указывают в виде простой дроби или в процентах. В зависимости от назначения поверхности тех или иных деталей имеют различное значение конусности. Так, например, конические штифты имеют $K = 1 : 50$, хвостовики сверл — $K = 1 : 20$, центры токарных станков — $K = 1 : 7$; $1 : 10$ и др.

Для машиностроительной промышленности ГОСТ 8593—57 устанавливает следующие значения нормальной конусности: 1 : 200; 1 : 100; 1 : 50; 1 : 20; 1 : 10; 1 : 8; 1 : 5; 1 : 3; 1 : 1,866; 1 : 1,207; 1 : 0,866; 1 : 0,652; 1 : 0,5; 1 : 0,289. На чертежах конусность обозначают по ГОСТ 2.307—68 (см. с. 36).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Как разделить окружность на четыре и восемь равных частей?
2. Как построить перпендикуляр к прямой из точки, лежащей вне прямой? лежащей на прямой?
3. Как разделить прямой угол на три равные части?
4. Как построить многоугольник, равный данному?
5. Как в окружность вписать правильный пятиугольник? шестиугольник? семиугольник?
6. Как построить правильный одиннадцатиугольник, пользуясь таблицей хорд?
7. Как определить длину дуги окружности?
8. Как по заданной стороне построить правильный пятиугольник? правильный шестиугольник?
9. Что называется уклоном? Как измеряют величину уклона?
10. Как обозначить уклон на чертеже?
11. Что называется конусностью? Как измерить величину конусности?
12. Как обозначить конусность на чертеже?

§ 6. СОПРЯЖЕНИЯ

6.1. Общие положения

Выполняя чертежи различных технических изделий, приходится плавно сопрягать между собой различные линии: прямые — с дугами окружностей, дуги окружностей — между собой и др.

Плавный переход одной линии в другую называется касанием.

Основные случаи касания рассматриваются в геометрии. Прямая, касательная к окружности, образует прямой угол с радиусом, проведенным в точку касания (рис. 56, *а*). Геометрическим местом центров окружностей, касательных к данной прямой, являются две прямые, параллельные данной и удаленные от нее на расстояние R. На рис. 56, *б*

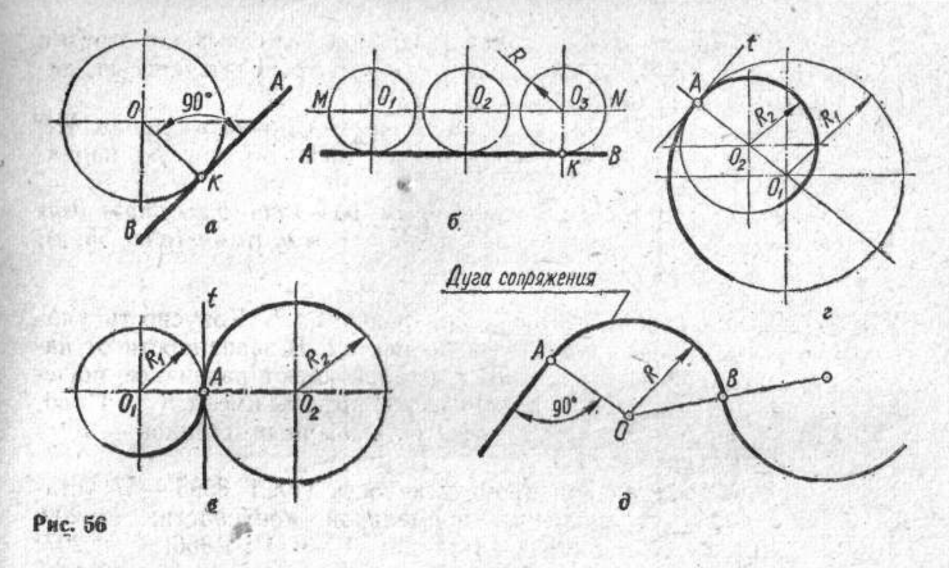


Рис. 56

изображена одна из них — прямая MN, параллельная данной прямой AB. Любая точка прямой MN может быть принята за центр окружности, касательной к AB. Точка касания K — основание перпендикуляра, опущенного из центра O_3 на прямую AB.

На рис. 56, *в*, *г* изображены два вида касания окружностей: внешнее (рис. 56, *в*), когда расстояние между центрами равно сумме радиусов $R_1 + R_2$ и точка касания расположена на линии центров между O_1 и O_2, и внутреннее (рис. 56, *г*), когда расстояние между центрами равно разности радиусов $R_1 - R_2$ и точка касания находится на линии центров за точками O_1 и O_2. Через точку касания можно провести общую касательную, перпендикулярную к радиусам, проведенным в эту точку.

Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую, выполненный при помощи вспомогательных прямых.

На рис. 56, *д* изображены и обозначены основные элементы сопряжения: радиус R дуги сопряжения, центр O сопряжения, точки сопряжения, или точки перехода, A и B. В техническом черчении при построении сопряжений чаще всего задается радиус R дуги сопряжения, а остальные элементы определяются построением.

6.2. Построение касательных к окружностям

Построение касательной к окружности в точке A, лежащей на окружности (рис. 57, *а*). Искомой касательной является перпендикуляр, восставленный из точки A к радиусу, проведенному в эту точку.

Построение касательной к окружности из внешней точки A (рис. 57, *б*). Из точки O_1 (середины отрезка AO), как из центра, радиусом O_1O проводят вспомогательную окружность до пересечения ее

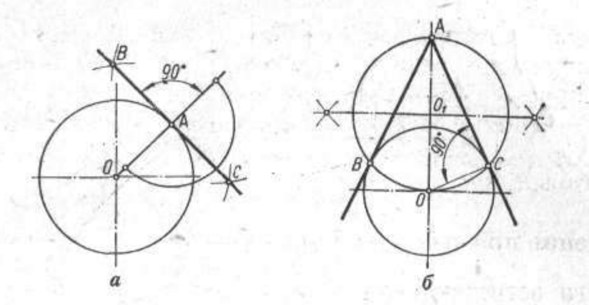


Рис. 57 *а* *б*

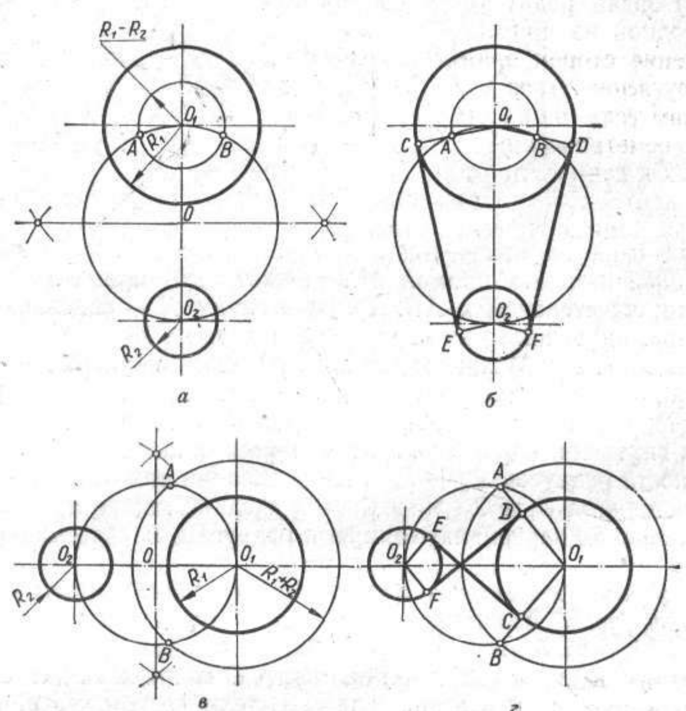


Рис. 58 *а* *б* *в* *г*

с данной в точках B и C. Прямые AB и AC — искомые касательные, так как угол ACO прямой как вписанный, опирающийся на диаметр AO.

В практике технического черчения часто приходится проводить касательные к двум окружностям. В этом случае касание может быть внешним, если окружности расположены по одну сторону от касательной, или внутренним, если окружности расположены по разные стороны от нее.

Построение внешней касательной к окружностям радиусов R_1 и R_2 (рис. 58, *а*, *б*). Из центра O_1 проводят вспомогательную окружность радиусом $R_1 - R_2$. Из точки O (середины отрезка O_1O_2), как из центра, радиусом OO_1 проводят окружность до пересечения ее со

вспомогательной окружностью в точках A и B. Прямые O_1A и O_1B пересекают окружность радиуса R_1 в точках касания C и D. Из центра O_2 проводят прямые O_2E и O_2F, соответственно параллельные O_1C и O_1D. CE и DF—искомые внешние касательные к данным окружностям.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение внутренней касательной к окружностям радиусов R_1 и R_2 (рис. 58, *в*, *г*).

6.3. Сопряжение прямых дугой окружности

Чаще всего встречаются два типа построений сопряжения двух прямых: 1) задан радиус дуги сопряжения; 2) задана точка сопряжения на одной из прямых.

Сопряжение сторон прямого, острого или тупого угла дугой радиуса R — скругление углов (рис. 59). Проводят две прямые, параллельные сторонам угла, на расстоянии радиуса R сопряжения. Эти прямые являются геометрическим местом центров окружностей радиуса R, касательных к данным прямым. Точка O пересечения вспомогательных прямых — центр дуги сопряжения. Перпендикуляры, опущенные из центра O на данные прямые, определяют точки сопряжения A и B. Радиусом R проводят дугу сопряжения между точками A и B. Скругление прямого угла рекомендуется выполнять так, как изображено на рис. 59, *а*. На рис. 59, *а—в* приведены технические детали с рассматриваемыми скруглениями углов.

Сопряжение двух прямых, если задана точка A сопряжения на одной из прямых (рис. 60, *а*). Строят биссектрису угла между данными прямыми (см. рис. 49, *а*), являющуюся геометрическим местом центров дуг сопряжения. Из точки A восставляют перпендикуляр к прямой до пересечения с биссектрисой в точке O — искомом центре сопряжения. Опустив из точки O перпендикуляр на вторую прямую, получают еще одну точку сопряжения — B. Радиусом OA проводят дугу окружности между точками A и B.

Упражнение. Поясните построение сопряжения двух параллельных прямых, если задана одна из точек сопряжения — A (рис. 60, *б*).

Сопряжение параллельных прямых двумя дугами, если заданы точки сопряжения A, B и C (рис. 60, *в*). Проводят перпендикуляры к серединам хорд AC и BC. Точки пересечения этих перпендикуляров с перпендикулярами, восставленными из точек A и B к данным прямым, служат центрами сопряжения O_1 и O_2. Из найденных центров проводят дуги радиусами O_1A и O_2B.

6.4. Сопряжение дуги с прямой

Различают случаи внешнего и внутреннего сопряжений прямой с дугой окружности.

Внешнее сопряжение. Для построения внешнего сопряжения (рис. 61, *а*) проводят вспомогательную прямую, параллельную прямой BM, на расстоянии, равном радиусу R дуги сопряжения. Из центра O радиусом $R_2 + R$ проводят вспомогательную дугу. Точка O_2

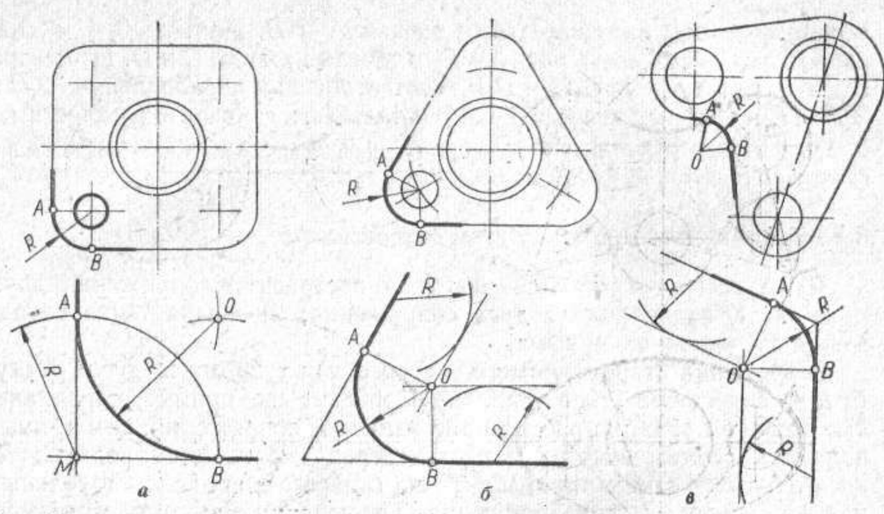


Рис. 59

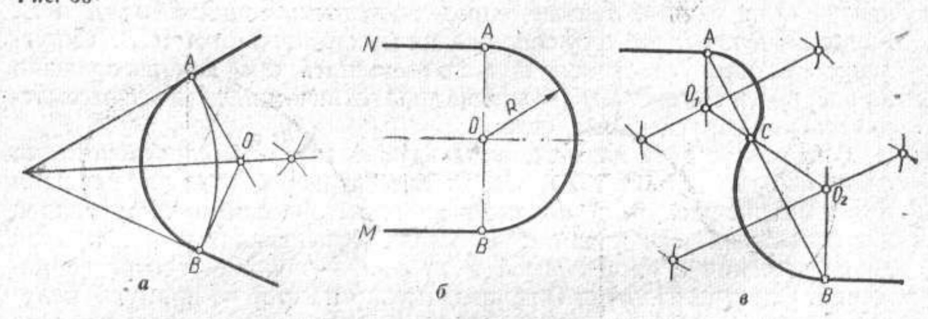


Рис. 60

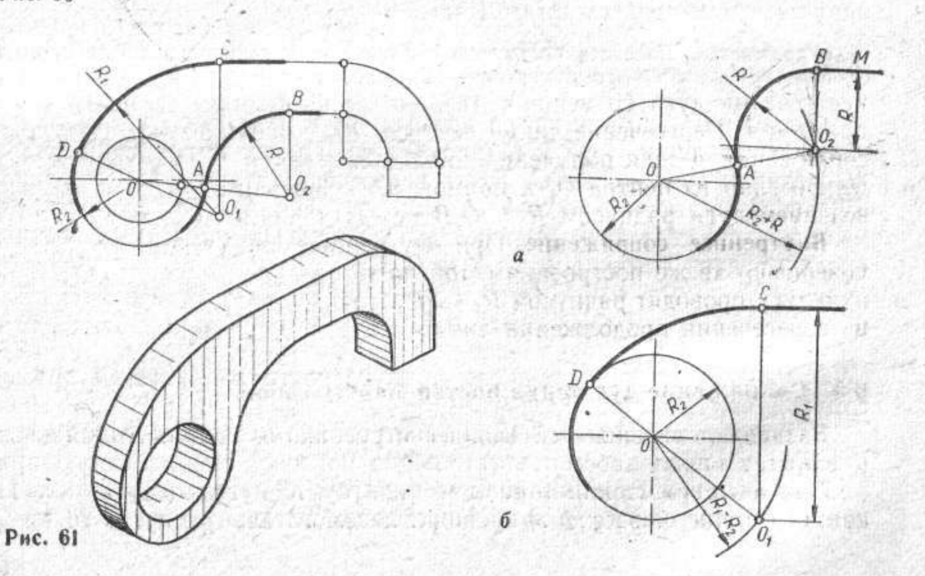


Рис. 61

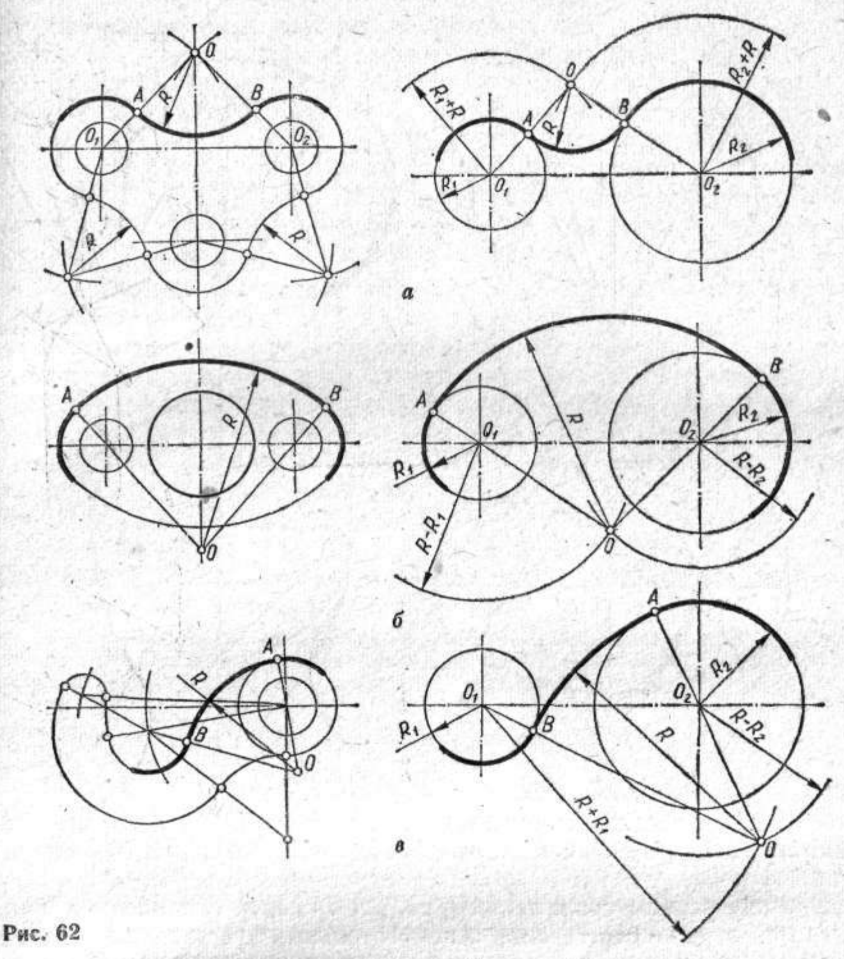


Рис. 62

пересечения дуги со вспомогательной прямой является центром сопряжения. Пересечение линии центров OO_2 с окружностью дает точку сопряжения A; для получения точки сопряжения B восставляют перпендикуляр из центра O_2 к прямой BM. Завершают построение проведением дуги радиусом $R = O_2B$ между точками A и B.

Внутреннее сопряжение. При внутреннем сопряжении (рис. 61, *б*) совершают те же построения с той лишь разницей, что вспомогательную дугу проводят радиусом $R_1 - R_2$; точка сопряжения D находится на пересечении продолжения линии центров O_1O с окружностью.

6.5. Сопряжение дуг окружностей между собой

Различают внешнее, внутреннее и смешанное сопряжение дуг окружностей между собой.

При **внешнем сопряжении** (рис. 62, *а*) центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательных дуг радиусов $R_1 + R$

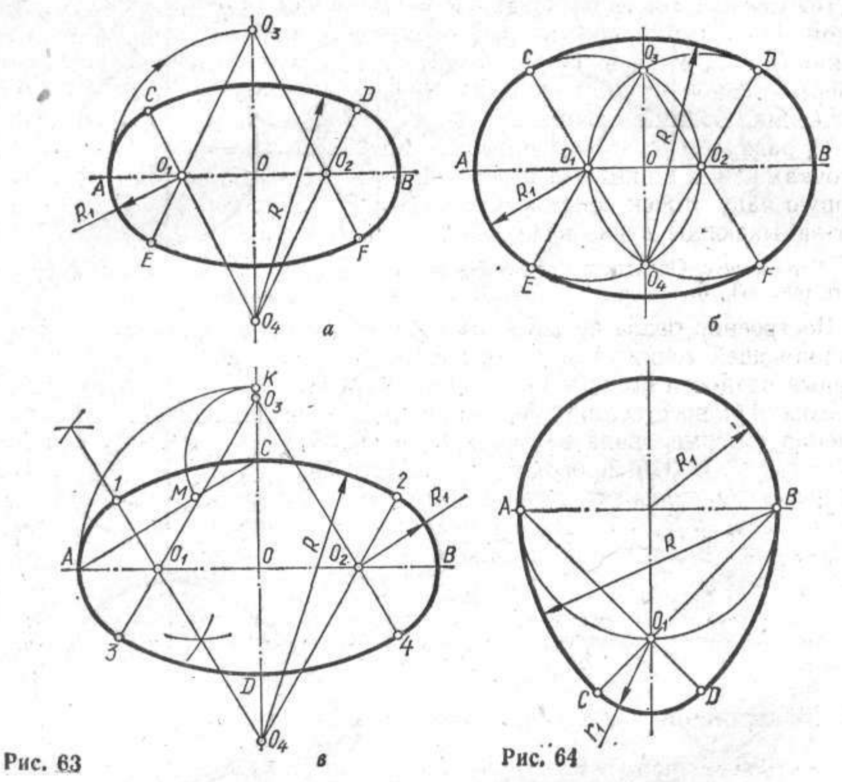


Рис. 63 Рис. 64

и $R_2 + R$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2. Пересечение лучей OO_1 и OO_2 с заданными окружностями дает точки сопряжения A и B.

При **внутреннем сопряжении** (рис. 62, *б*) центр сопряжения O определится в точке пересечения вспомогательных дуг радиусов $R - R_1$ и $R - R_2$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2. Точки сопряжения A и B лежат на пересечении продолжений линий центров OO_1 и OO_2 с окружностями.

При **смешанном сопряжении** (рис. 62, *в*) центром сопряжения O является точка пересечения вспомогательных дуг радиусов $R + R_1$ и $R - R_2$, проведенных соответственно из центров O_1 и O_2. Точки сопряжения A и B определяют так же, как и в предыдущих случаях.

6.6. Построение коробовых кривых

Коробовыми называются кривые, образованные сопряжением дуг окружностей.

К коробовым кривым относят овалы, овоиды, завитки и т. п. *Овал* — замкнутая коробовая кривая, имеющая две оси симметрии. Строят овал либо по двум заданным осям — большой и малой, либо по одной большой оси.

Построение овала по заданной большой оси AB (рис. 63, *а*). Отрезок AB делят на четыре равные части и получают центры сопряжения O_1 и O_2. Из центра O проводят дугу радиусом OA до пересечения с вертикальной прямой в точках O_3 и O_4 — второй паре центров сопряжения. Соединяя точки O_1 и O_3, O_1 и O_4, получают линии центров. Из O_1 радиусом $R_1 = O_1A$ проводят дугу окружности до пересечения в точках C и E с линиями центров O_1O_4 и O_1O_3. Аналогично получают вторую пару точек сопряжения — D и F. Радиусом $R = O_4C$ проводят замыкающие дуги овала между точками C и D и E и F.

Упражнение. Объясните построение овала делением большой оси на три равные части (рис. 63, *б*).

Построение овала по двум осям AB и CD (рис. 63, *в*). На прямой, соединяющей точки A и C, откладывают от точки C отрезок CM, равный разности полуосей овала, т. е. $CM = OK - OC$. Из середины отрезка AM восставляют перпендикуляр и продолжают его до пересечения с осями овала в точках O_1 и O_4. Определяют симметричные им точки O_2 и O_3 и проводят линии центров O_1O_3; O_1O_4; O_2O_3; O_2O_4. Из центра O_4 проводят дугу радиусом $R = O_4C$ до пересечения с линиями центров O_4O_1 и O_4O_2 в точках *1* и *2*. Аналогично находят точки сопряжения *3* и *4*. Замыкающие дуги овала проводят из центров O_1 и O_2 радиусом $R_1 = O_1A$ или $R_1 = O_2B$.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение овоида по его ширине — отрезку AB (рис. 64). *Овоид* — замкнутая коробовая кривая, имеющая только одну ось симметрии.

6.7. Выполнение чертежей технических деталей

Построение чертежа технической детали следует начинать с анализа геометрических элементов, составляющих деталь, и определения ее габаритных размеров. Затем следует продумать, какие геометрические построения и сопряжения нужно выполнить на чертеже. Соответственно габаритным размерам детали выбирают масштаб изображения. Построение рекомендуется выполнять в такой последовательности: 1) нанести осевые и центровые линии; 2) провести окружности, центры которых расположены на пересечении центровых линий; 3) провести прямые линии; 4) выполнить сопряжения с указанием вспомогательных построений, необходимых для определения центров и точек сопряжения; 5) нанести размерные линии и проставить размерные числа. Вспомогательные построения рекомендуется оставить на чертеже для проверки преподавателем.

После проверки чертеж обводят карандашом или тушью. Последовательность обводки чертежа такая: 1) осевые и центровые линии; 2) окружности и дуги, в том числе и дуги сопряжений (начинать следует с дуг и окружностей бóльших размеров); 3) горизонтальные основные линии; 4) вертикальные основные линии; 5) наклонные основные линии; 6) сплошные тонкие линии; 7) стрелки, размерные числа, надписи и пр. После этого заштриховывают разрезы и сечения.

Рассмотрим примеры построения чертежей деталей, имеющих элементы сопряжений.

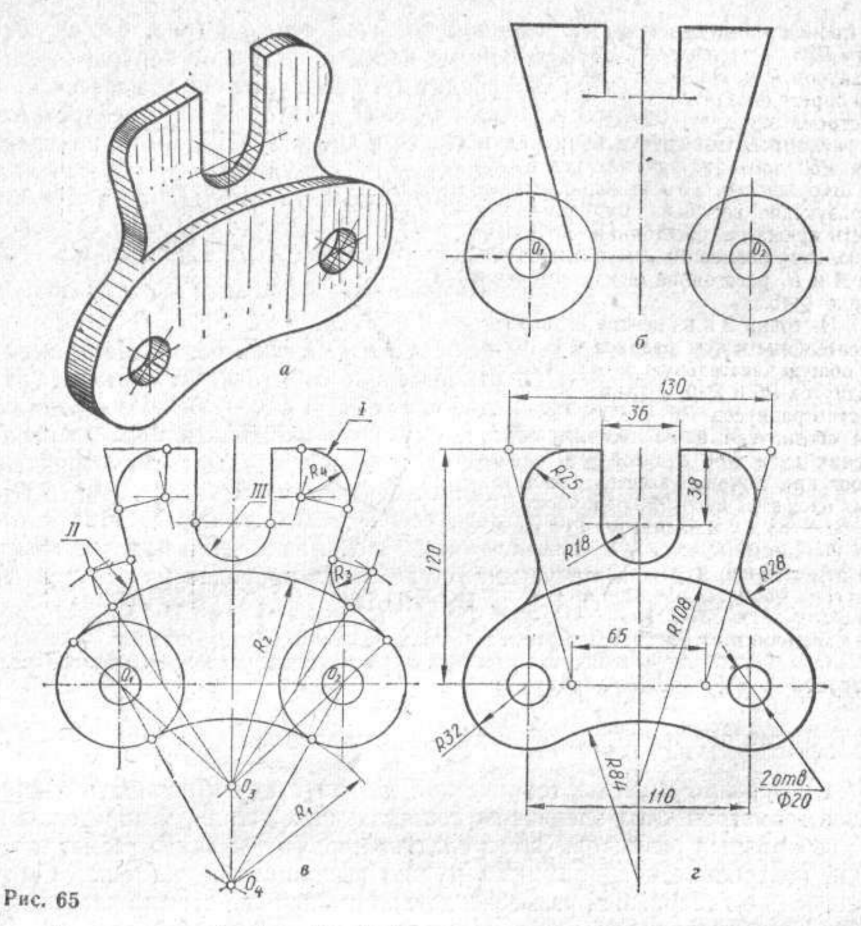


Рис. 65

Контур прокладки (рис. 65, *а*). Прежде всего проводят вертикальную ось симметрии и центровые линии. Вычерчивают две окружности диаметром 20 *мм* на расстоянии 110 *мм* друг от друга (рис. 65, *б*, *г*) и из этих же центров проводят окружности радиусами $R = 32$ *мм*. В тонких линиях выполняют внешний контур прокладки, имеющий форму равнобокой трапеции с основаниями 130, 65 *мм* и высотой 120 *мм*. Используя размеры 36 и 38 *мм*, проводят параллельные прямые верхнего выреза.

Выполняют внешнее сопряжение окружностей радиусов $R = 32$ *мм* дугой радиуса $R = 84$ *мм* (рис. 65, *в*, *г*). Центр дуги сопряжения определится на пересечении вспомогательных дуг, проведенных из центров O_1 и O_2 радиусами $R_1 = 32 + 84$ *мм*. Выполняют внутреннее сопряжение этих же дуг дугой радиуса $R_2 = 108$ *мм*. Центр O_3 этого сопряжения лежит в точке пересечения дуг, проведенных из центров O_1 и O_2 радиусами $R = 108 - 32$ *мм*.

Строят сопряжения острых углов при верхнем основании трапеции дугой радиуса $R = 25$ *мм* и сопряжение боковой наклонной стороны трапеции с дугой радиуса $R = 108$ *мм* при помощи вспомогательной дуги радиуса $R = 28$ *мм* (эти сопряжения обозначены на рис. 65, *в* соответственно римскими цифрами *I* и *II*). Сопрягают параллельные прямые верхнего выреза дугой радиуса $R = 18$ *мм* (сопряжение *III* на рис. 65, *в*).

Проверяют чертеж, обводят его и проставляют необходимые размеры (рис. 65, *г*).

Построение крюка (рис. 66). Проводят вертикальную ось крюка и по размерам строят центровые линии окружностей ⌀32, ⌀46 и дуг радиусов $R10$ и $R6$. Из центра

O_1 проводят окружности ∅32, ∅46 и дугу $R33$, а из центров O_2 и O_3 — дуги радиусом $R10$. На расстоянии 45 *мм* от оси определяют центр дуги радиуса $R6$ и строят эту дугу. Используя размер 16 *мм*, определяют центр O_4 и радиусом $R50$ проводят из этого центра дугу окружности. Строят параллельные образующие верхней цилиндрической части крюка на расстоянии 35 *мм* и, используя размер 40 *мм*, находят точки A и B, расстояние между которыми равно ∅45.

Из точки B и из центра O проводят касательные к дуге радиуса $R33$. Строят общую касательную к окружностям радиусов $R6$ и $R10$, а также к окружностям радиусов $R6$ и $R50$. Центр O_5 (не обозначенный на чертеже) сопряжения дуги $R68$ с дугой $R50$ определяют при помощи засечек, проведенных из центра дуги $R50$ радиусом $R = 50 + 68$ *мм* и радиусом $R68$ из точки A. Центр O_6 дуги $R5$ определяют на пересечении дуги, проведенной радиусом $R5$ из точки A, и прямой, параллельной вертикальной оси крюка, на расстоянии от нее $17{,}5 + 5$ *мм*.

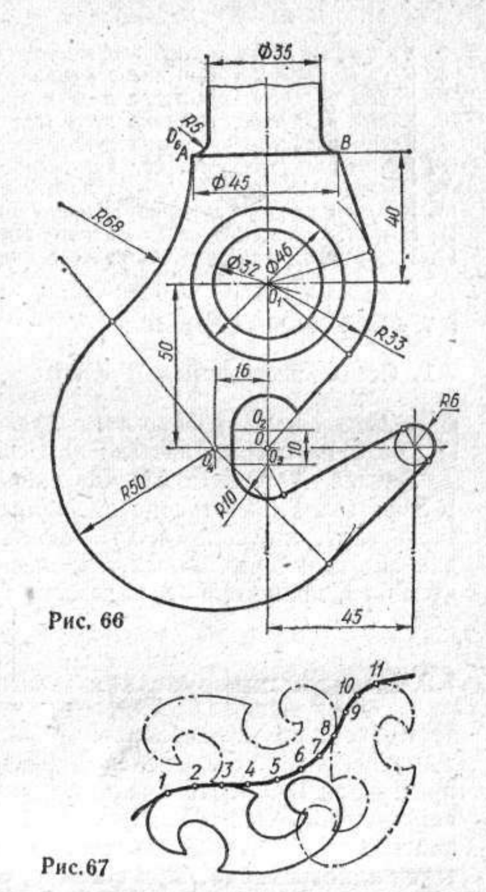


Рис. 66

Рис. 67

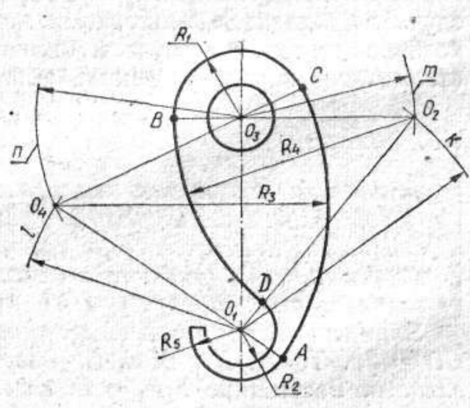
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Сформулируйте условия касания прямой к двум окружностям.
2. Что называется сопряжением? Назовите его основные элементы.
3. Как построить касательную к окружности? к двум окружностям?
4. Как построить сопряжение двух пересекающихся прямых?
5. Как построить внутреннее сопряжение дуги с прямой?
6. Как построить внешнее, внутреннее и смешанное сопряжение двух окружностей?
7. Поясните порядок построения овала по двум осям.
8. Как построить овоид, если задана его ширина?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Сопряжения». Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Сопряжения“

1. Назовите точки внутреннего сопряжения.
2. Назовите точки смешанного сопряжения.



3. Каким радиусом выполнено внутреннее сопряжение?
4. Каким радиусом выполнено смешанное сопряжение?
5. Каким радиусом проведена дуга *n*?
6. Каким радиусом проведена дуга *l*?
7. Каким радиусом проведена дуга *m*?
8. Каким радиусом проведена дуга *k*?
9. Назовите центр дуги смешанного сопряжения.
10. Назовите центр дуги внутреннего сопряжения.
11. Назовите отрезок дуги смешанного сопряжения.
12. Назовите отрезок дуги внутреннего сопряжения.

§ 7. ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

7.1. Общие положения

Лекальными называются кривые, вычерчиваемые при помощи лекала по предварительно найденным точкам.

Лекала — это специальные линейки с криволинейными кромками. К лекальным кривым относят эллипс, параболу, гиперболу, циклоиду, эвольвенту, синусоиду и др. Лекальные кривые широко применяются для очертаний различных технических деталей, например: профилей кулачков, кронштейнов, подвесок, зубчатых колес, фасонного инструмента и т. п.

7.2. Порядок вычерчивания лекальных кривых

Вначале по определенным правилам строят точки, принадлежащие данной кривой. Желательно, чтобы расстояния между точками не превышали 15 *мм*. Полученные точки от руки соединяют плавной кривой, а затем обводят кривую по лекалу. Лекало прикладывают к кривой так, чтобы оно охватывало своим контуром не менее трех-четырех точек одновременно. При обводке, однако, некоторый участок кривой оставляют необведенным. Следующий участок лекала должен перекрывать ранее обведенный участок кривой и т. д. Этот прием обеспечивает плавность кривой и отсутствие на ней изломов. Начинать обводку рекомендуется с участков наибольшей кривизны. На рис. 67 показано, как обводить кривую при помощи лекала. В большинстве случаев приходится пользоваться не одним, а несколькими лекалами, подбирая их так, чтобы участки кривых имели наибольшую плавность, отвечающую характеру данной кривой.

7.3. Эллипс

Эллипсом называется замкнутая плоская кривая, все точки которой обладают следующим свойством: сумма расстояний от любой точки эллипса до двух заданных точек F_1 и F_2, называемых фокусами, есть величина постоянная, равная длине большой оси эллипса, т. е. $R_1 + R_2 = AB$ (рис. 68, *а*).

Эллипс имеет две оси симметрии: *большую ось* $AB = 2a$ и *малую* $CD = 2b$. Точки A, B, C, D — *вершины эллипса*. Точка O — *центр эллипса*. Расстояние $F_1F_2 = 2c$ называется *фокусным*. Между фокус-

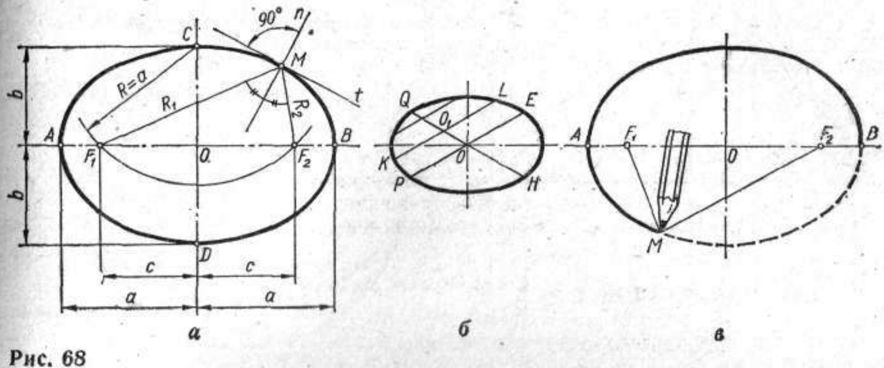


Рис. 68

ным расстоянием и величинами осей эллипса существует следующая зависимость: $a^2 = b^2 + c^2$. Любая прямая, проходящая через центр эллипса, называется его *диаметром*. Эллипс имеет бесчисленное множество сопряженных диаметров. Чтобы построить диаметр, сопряженный с данным, например с PE (рис. 68, *б*), проводят произвольную хорду KL, параллельную PE, и находят ее середину — точку O_1. Соединяют O_1 с центром эллипса — точкой O. Прямые QH и PE будут *сопряженными диаметрами эллипса*.

Уравнение эллипса: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Чтобы провести *касательную* t и *нормаль* n к эллипсу в любой точке M (рис. 68, *а*), строят биссектрису угла между радиусами-векторами R_1 и R_2, соединяющими точку M с фокусами F_1 и F_2. Биссектриса дает направление нормали n, а перпендикуляр к ней является касательной t к эллипсу в точке M.

Рассмотрим несколько способов построения эллипса.

Построение эллипса по большой оси AB и фокусному расстоянию F_1F_2 (рис. 68, *в*). На горизонтальной прямой симметрично выбранной вертикальной оси откладывают величину большой оси AB и фокусное расстояние F_1F_2. Закрепляют нитку в точках F_1 и F_2 кнопками или гвоздиками так, чтобы длина ее между точками закрепления равнялась большой оси эллипса AB. Натянув нитку, карандашом вычерчивают эллипс.

Построение эллипса по большой оси AB и фокусному расстоянию F_1F_2 (рис. 69, *а*). Проводят большую ось AB эллипса и намечают на ней фокусы F_1 и F_2 $\left(OF_1 = OF_2 = \frac{F_1F_2}{2}\right)$. Через центр эллипса — точку O — проводят прямую, перпендикулярную к AB, и из точки F_1 или F_2 делают засечки на перпендикуляре радиусом $F_1C = \frac{AB}{2}$. Отрезок CD — малая ось эллипса. На прямой AB намечают произвольный ряд точек *1*, *2*, *3*, ... Приняв за центры фокусы F_1 и F_2, радиусами *A1* и *B1*, *A2* и *B2*, ... соответственно проводят дуги до взаимного их пересечения в точках *I*, *II*, *III*, ... Полученные точки соединяют при помощи лекала.

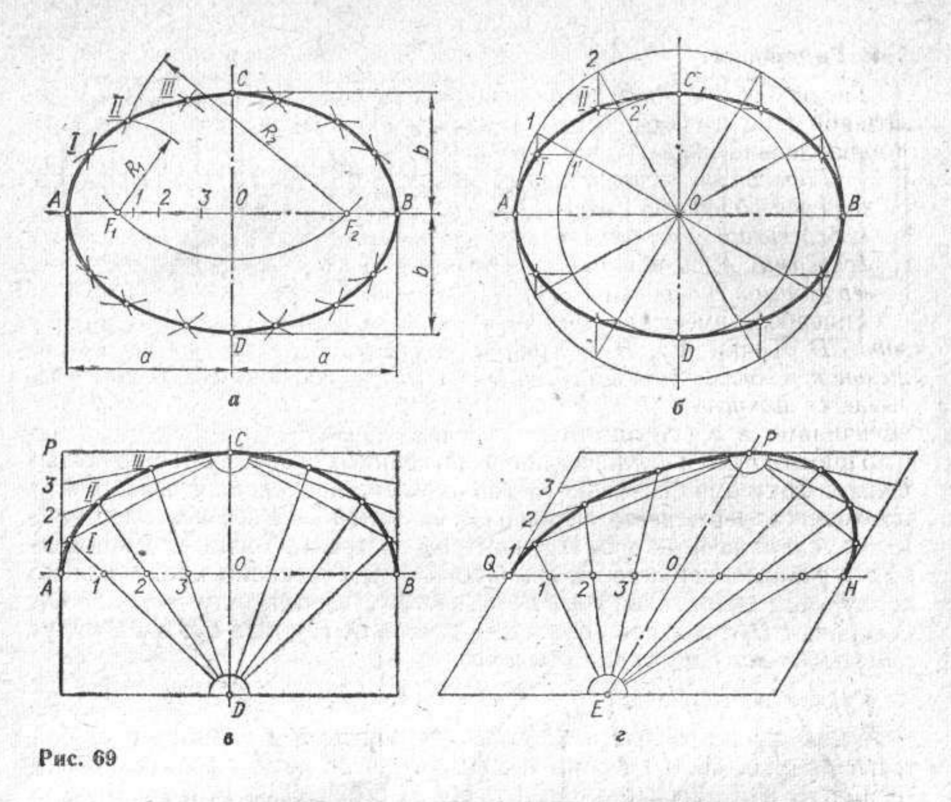


Рис. 69

Построение эллипса по большой *AB* и малой *CD* осям (рис. 69, *б*). Из центра *O* эллипса проводят две концентрические окружности, диаметры которых равны заданным осям *AB* и *CD*. Большую окружность делят на равные части, например на 12, и точки деления соединяют с центром *O*. Проведенными радиусами малая окружность разделится на то же число равных частей. Из точек *1*, *2*, *3*, ... большой окружности проводят вертикальные отрезки параллельно малой оси эллипса, а из точек *1'*, *2'*, *3'*, ... малой окружности — горизонтальные отрезки параллельно большой оси. Пересечение соответствующих отрезков дает точки эллипса *I*, *II*, *III*, ... Полученные точки соединяют плавной кривой.

Построение эллипса по большой *AB* и малой *CD* осям или по его сопряженным диаметрам (рис. 69, *в*). На осях *AB* и *CD* эллипса строят прямоугольник. Большую полуось *OA* и смежную с ней половину стороны прямоугольника (*AP*) делят на несколько равных частей, например на четыре. Обозначают точки деления от точки *A*. Из точек *C* и *D* через точки деления проводят два пучка лучей так, как показано на рис. 69, *в*. Пересечение одноименных лучей дает точки *I*, *II*, *III*, ..., принадлежащие эллипсу.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение эллипса по его сопряженным диаметрам *QH* и *PE* (рис. 69, *г*).

7.4. Гипербола

Гипербола получается при пересечении конуса плоскостью, параллельной двум его образующим или оси конуса. На рис. 70, *а* плоскость σ параллельна образующим SM и SN.

Гиперболой называется незамкнутая плоская кривая, все точки которой обладают следующим свойством: разность расстояний от любой точки гиперболы до двух заданных точек F_1 и F_2, называемых фокусами, есть величина постоянная, равная расстоянию между вершинами гиперболы, т. е. $R_1 - R_2 = AB$ (рис. 70, *б*).

Гипербола имеет две оси симметрии — *действительную AB* и *мнимую CD*. Точки A и B — *вершины гиперболы*, *a — величина действительной полуоси*, *b — величина мнимой полуоси*. Расстояние F_1F_2 называется *фокусным* ($F_1F_2 = 2c$). Точка *O — центр гиперболы*. Между величинами *a*, *b* и *c* существует следующая зависимость: $c^2 = a^2 + b^2$.

Прямые F_1M и F_2M, соединяющие произвольную точку M гиперболы с фокусами, называются *радиусами-векторами*. Прямые l_1 и l_2, проходящие через центр гиперболы, являются ее асимптотами.

Асимптоты — это прямые, неограниченно приближающиеся к ветвям гиперболы и касательные к ним в бесконечности.

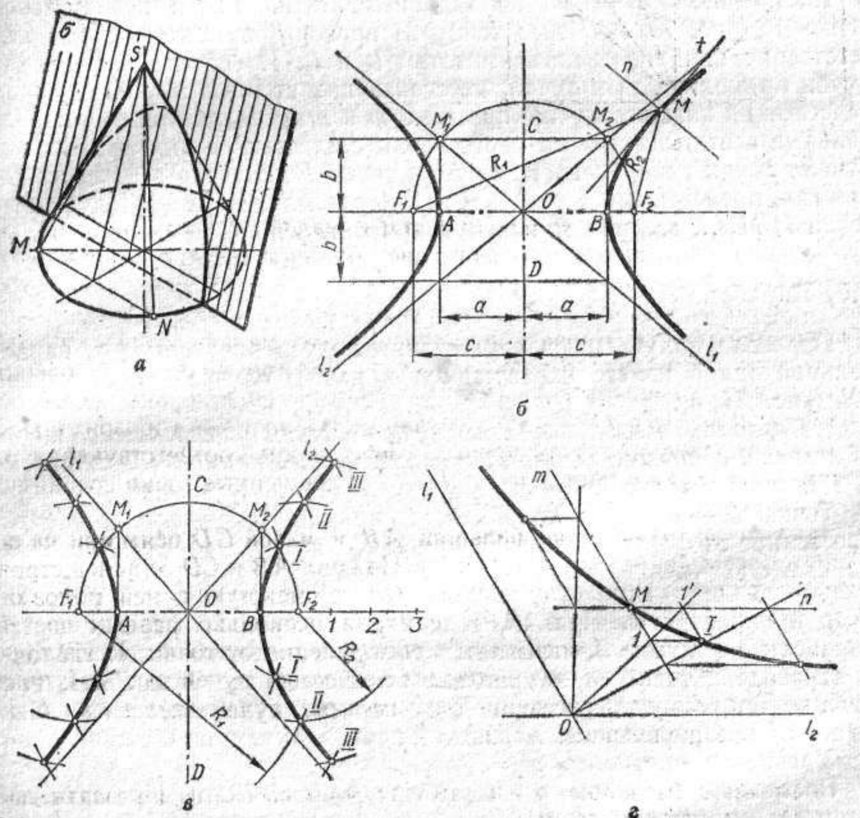


Рис. 70

Касательная t к гиперболе в точке M направлена по биссектрисе угла между радиусами-векторами R_1 и R_2, а *нормаль* n — перпендикулярна к касательной.

Уравнение гиперболы: $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Построение гиперболы по фокусному расстоянию $F_1F_2 = 2c$ и расстоянию между вершинами $AB = 2a$ (рис. 70, *в*). Проводят две взаимно перпендикулярные прямые и от точки O откладывают отрезки $OA = OB = a$; $OF_1 = OF_2 = c$. Из центра O радиусом OF_1 строят полуокружность и из вершин A и B проводят хорды AM_1 и BM_2, перпендикулярные к действительной оси гиперболы. Через найденные точки M_1, M_2 и центр O пройдут асимптоты l_1 и l_2 гиперболы. На оси гиперболы отмечают произвольные точки *1*, *2*, *3*, ... и из фокусов F_1 и F_2, как из центров, делают засечки радиусами, равными расстояниям от любой из точек *1*, *2*, *3*, ... до вершин A и B гиперболы. Например, чтобы определить точку *II*, из фокуса F_2 проводят дугу радиусом $R_2 = B2$, а из фокуса F_1 — встречную дугу радиусом $R_1 = A2$. Левая ветвь гиперболы строится как симметричная кривая относительно мнимой оси CD.

Построение гиперболы по заданным асимптотам и произвольной точке M (рис. 70, *г*). Через точку M проводят прямые m и n, соответственно параллельные асимптотам l_1 и l_2. Из центра O проводят пучок прямолинейных лучей, пересекающих прямые m и n. Из точек пересечения каждого луча с прямыми m и n проводят прямые, параллельные асимптотам, и на пересечении соответствующих прямых получают точки гиперболы. Например, точка *I* получена в пересечении прямых, проведенных из точек *1* и *1'* параллельно l_2 и l_1. Полученные точки *I*, *II*, ... соединяют плавной кривой.

7.5. Парабола

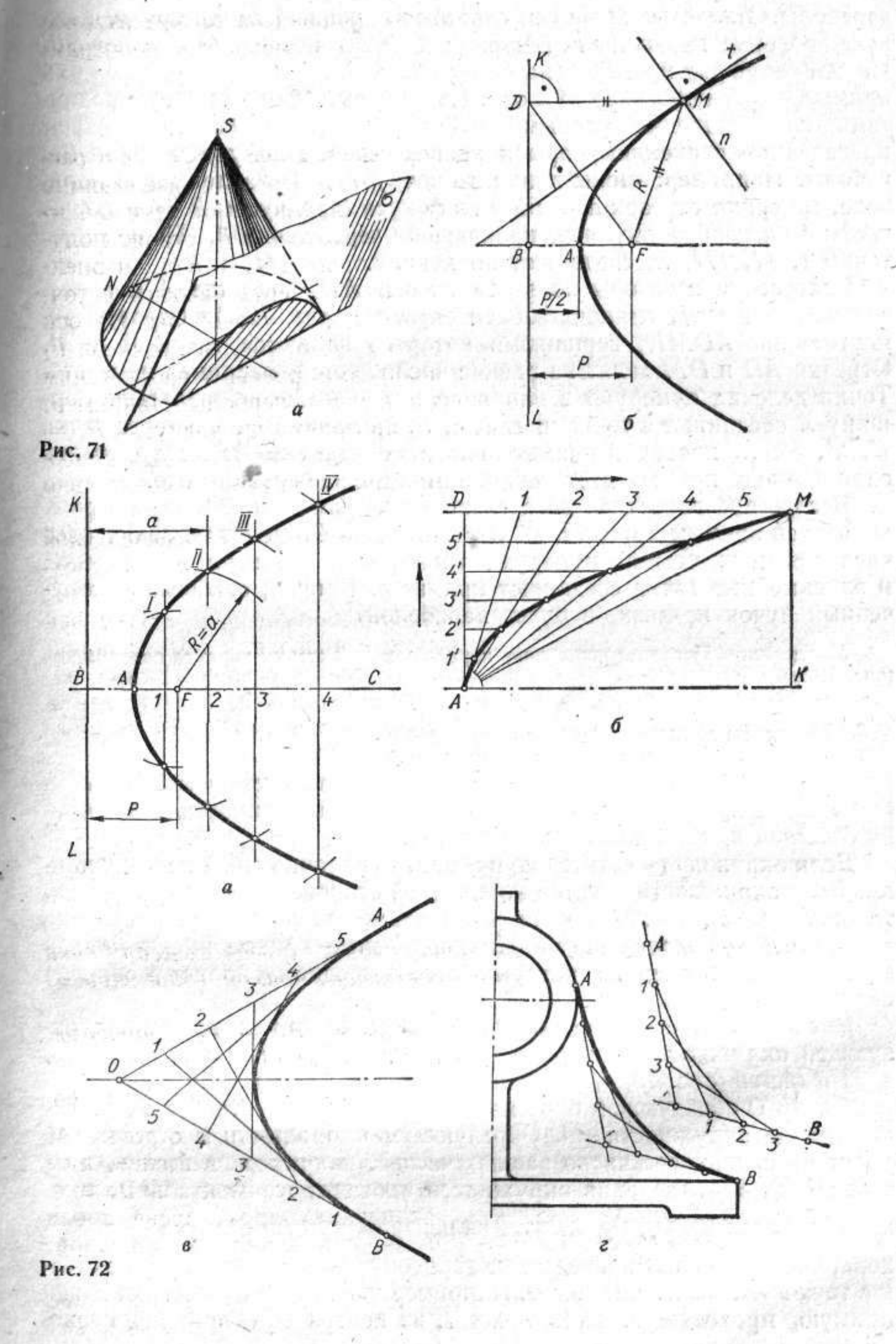
Парабола получается в пересечении конуса плоскостью σ, параллельной одной из его образующих, в нашем случае — образующей SN (рис. 71, *а*).

Параболой называется незамкнутая плоская кривая, каждая точка которой одинаково удалена от направляющей прямой (директрисы) KL и от фокуса F.

Точка A — *вершина параболы*, а прямая BF — *ось параболы*. Расстояние от фокуса F до директрисы KL называется *фокальным параметром* p. Вершина параболы находится на расстоянии $\frac{p}{2}$ от фокуса и директрисы. Прямая, соединяющая произвольную точку M параболы с фокусом F, называется *радиусом-вектором*. *Касательная* t к параболе в точке M направлена по биссектрисе угла FMD, т. е. угла между радиусом-вектором R и перпендикуляром, проведенным из точки M к директрисе. *Нормаль* n перпендикулярна к касательной.

Уравнение параболы: $y^2 = 2px$.

Построение параболы по параметру p (рис. 72, *а*). Проводят две взаимно перпендикулярные прямые — директрису KL и ось BC



S
N
б
а
K
D
M
t
n
R
B
A
F
P/2
P
L
б
a
I
II
III
IV
R=a
C
1
F
2
3
4
P
а
D 1 2 3 4 5 M
5'
4'
3'
2'
1'
A
K
б
A
5
4
3
2
1
0
1
5
4
3
2
1
B
в
A
A
1
2
3
1
2
3
B
B
г

Рис. 71

Рис. 72

параболы. Откладывают на оси отрезок BF, равный параметру p, и получают фокус параболы F. Вершина A лежит посредине отрезка BF. На оси берут ряд произвольных точек *1*, *2*, *3*, ... и проводят через них прямые, перпендикулярные к оси. Из фокуса F, как из центра, радиусами, соответственно равными отрезкам $B1$, $B2$, $B3$, ... засекают проведенные перпендикуляры и на пересечении получают точки параболы. Например, чтобы получить точку *II*, принадлежащую параболе, замеряют отрезок $a = B2$ и из фокуса F радиусом $R = a$ делают засечки на перпендикуляре, проходящем через точку *2*. Полученные точки *I*, *II*, *III*, ... соединяют по лекалу.

Построение параболы по заданной оси AK, вершине A и произвольной точке M, принадлежащей параболе (рис. 72, *б*). Строят прямоугольник $ADMK$, вершинами которого являются точки A и M. Отрезки AD и DM делят на равное число частей, например на шесть. Точки деления нумеруют в направлении, указанном стрелками. Вершину A соединяют с точками *1*, *2*, *3*, ... на прямой DM, а через точки $1'$, $2'$, $3'$, ... проводят прямые, параллельные оси AK. Пересечение одноименных прямых дает точки, принадлежащие параболе.

Построение параболы, касательной в точках A и B к двум пересекающимся прямым (рис. 72, *в*). Отрезки OA и OB делят на одинаковое число равных частей, нумеруют точки, как показано на рисунке, и одноименные точки соединяют прямыми. Кривая, огибающая полученный пучок прямых, и будет параболой.

Упражнение. Поясните построение параболической стенки корпуса подшипника (рис. 72, *г*).

7.6. Циклоидальные кривые (рулетты)

Циклоидальными называются незамкнутые плоские кривые, описываемые точкой окружности, катящейся без скольжения по неподвижной прямой или по окружности.

Если окружность катится по прямой, то ее точка описывает циклоиду. Если окружность катится по внешней стороне второй окружности, то описываемая точкой кривая называется *эпициклоидой*, а если по внутренней — *гипоциклоидой*. Циклоидальные кривые имеют множество ветвей, каждая из которых отвечает одному полному обороту образующей окружности.

Циклоида. Построение циклоиды по заданному диаметру d образующей окружности можно вести двумя способами.

1-й способ (рис. 73, *а*). На горизонтальной прямой, проходящей через центр O образующей окружности, откладывают отрезок OO_8, равный длине окружности πd. Образующую окружность и отрезок OO_8 делят на одинаковое число равных частей, например на восемь, и из точек *1*, *2*, *3*, ... деления окружности проводят горизонтальные прямые. Из точек O_1, O_2, O_3, ..., как из центров, дугами радиуса $\frac{d}{2}$ последовательно засекают проведенные горизонтальные прямые и получают точки A_1, A_2, ... циклоиды. Например, из центра O_1 засекают дугой прямую, проходящую через точку *1*, из центра O_2 — прямую, прохо-

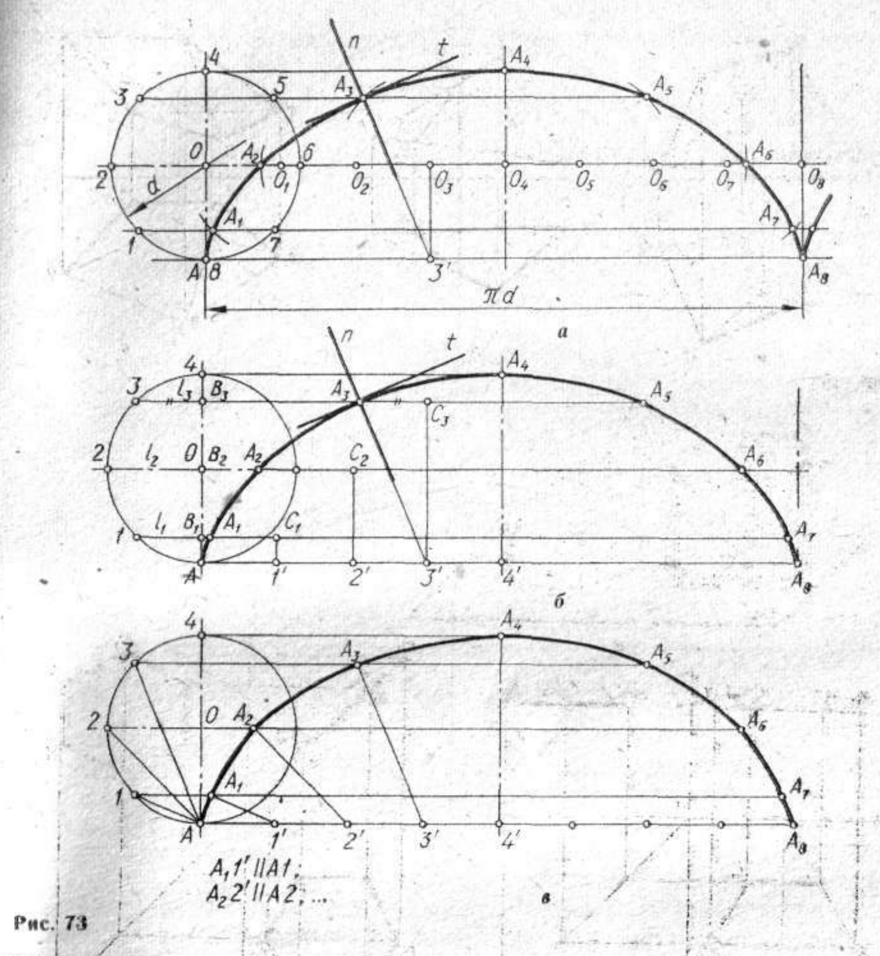


Рис. 73

дящую через точку *2*, и т. д. Полученные точки соединяют по лекалу.

2-й способ (рис. 73, *б*). Направляющую прямую AA_8, равную длине πd окружности, и образующую окружность делят на одинаковое число равных частей, например на восемь. Из точек *1*, *2*, *3*, ... деления окружности проводят горизонтальные прямые, а из точек *1'*, *2'*, *3'*,... — перпендикулярные до пересечения с соответствующими горизонтальными прямыми в точках C_1, C_2, C_3, ... Откладывая из полученных точек отрезки $C_1A_1 = B_1 1$, $C_2A_2 = B_2 2$, ..., получают точки A_1, A_2, A_3, ... циклоиды. Правую половину циклоиды можно построить, исходя из условия симметрии её относительно вертикальной оси.

Нормаль n к циклоиде в произвольной ее точке, например в точке A_3, можно получить, соединив точки A_3 и *3'*, а *касательная t* направлена перпендикулярно к нормали.

Упражнение. Рассмотрите и поясните третий способ построения циклоиды, изображенный на рис. 73, *в*.

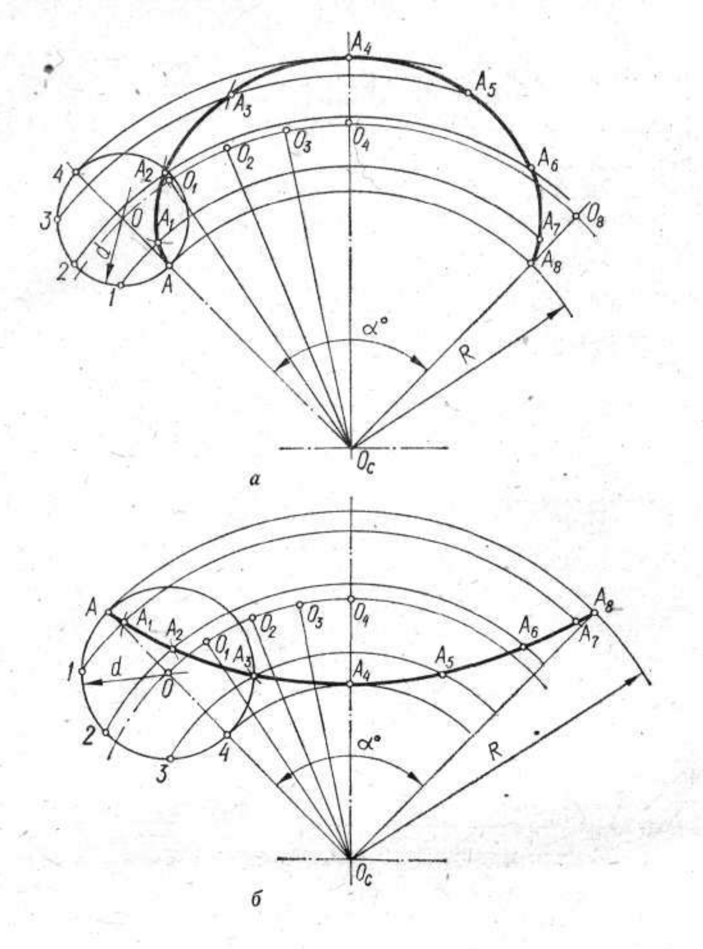


Рис. 74

Эпициклоида (рис. 74, *а*). Величину центрального угла сектора, охватывающего одну ветвь эпициклоиды, можно определить по формуле $\alpha = \frac{d \cdot 360^\circ}{R}$, где d — диаметр образующей окружности, а R — радиус дуги направляющей окружности.

Построение эпициклоиды по данным величинам d и R (рис. 74, *а*) ведут так. Радиусом R строят дугу направляющей окружности и ограничивают ее сектором, центральный угол которого находят по приведенной выше формуле. Из центра O_c проводят линию центров радиусом $O_cO = R + \frac{d}{2}$. Образующую окружность и дугу OO_8 делят на одинаковое число равных частей, например на восемь. Из центра O_c проводят концентрические окружности радиусами O_c1, O_c2, ..., а из точек O_1, O_2, O_3, ..., как из центров, дугами радиуса $\frac{d}{2}$ последовательно засекают эти окружности. В пересечении получают точки эпициклоиды A_1, A_2, A_3, ... Например, из центра O_1 засекают дугу, прохо-

дящую через точку *1*, из центра O_2 — дугу, проходящую через точку *2*, и т. д.

Гипоциклоида (рис. 74, *б*). Величину центрального угла, охватывающего ветвь гипоциклоиды, определяют по той же формуле, что и при построении эпициклоиды. Рассмотрите и поясните последовательность построения гипоциклоиды на рис. 74, *б*. Построение аналогично эпициклоиде.

7.7. Спиральные кривые

Из спиральных кривых рассмотрим эвольвенту окружности и спираль Архимеда.

Эвольвента окружности — плоская кривая, описываемая точкой прямой, катящейся без скольжения по окружности (рис. 75, *а*).

На рис. 75, *б* эвольвенту описывает конец карандаша, прикрепленного к нити, намотанной на неподвижный цилиндр. Если, натягивая, разматывать нить, то ее конец с карандашом опишет эвольвенту.

Построение эвольвенты по заданному диаметру *d* (рис. 75, *а*) ведут так. Окружность делят на некоторое число равных частей, например на восемь. Из точек *1*, *2*, *3*, ... деления проводят касательные к окружности и откладывают на них соответственно 1/8, 2/8, 3/8, ... длины окружности. Например, отрезок *2—II* равен $\frac{\pi d}{8}$, отрезок *3 — III* равен $\frac{2\pi d}{8}$ и т. д. Полученные точки *I*, *II*, *III*, ... соединяют по лекалу.

Спираль Архимеда — это плоская кривая, описываемая точкой, равномерно движущейся по радиусу-вектору, который, в то же время, равномерно вращается вокруг неподвижной точки S.

Точка *S* — *полюс спирали*. Отрезок, соединяющий произвольную точку спирали с полюсом, называется *радиусом-вектором*. *Шаг спирали SA* — это путь, который проходит точка по радиусу-вектору за время одного полного оборота вокруг полюса *S*.

Построение спирали по заданному шагу *SA* и полюсу *S* (рис. 76) проводят так. Из точки *S*, как из центра, проводят окружность радиусом *SA*. Окружность и шаг *SA* спирали делят на одинаковое число равных частей, например на восемь. Из полюса *S* к точкам деления окружности 1_1, 2_1, 3_1, ... проводят лучи. Из той же точки *S*, как из центра, проводят дугу радиусом *S1* до пересечения с лучом $S1_1$ в точке *I*; далее проводят дугу радиусом *S2* до пересечения в точке *II* с лучом $S2_1$, дугу радиусом *S3* до пересечения в точке *III* с лучом $S3_1$ и т. д. Полученные точки, включая *S* и *A*, соединяют при помощи лекала.

7.8. Синусоида

Синусоида (рис. 77) — *это траектория сложного движения точки, участвующей одновременно в двух движениях: равномерно-поступательном и возвратно-поступательном в направлении, перпендикулярном к направлению первого движения.*

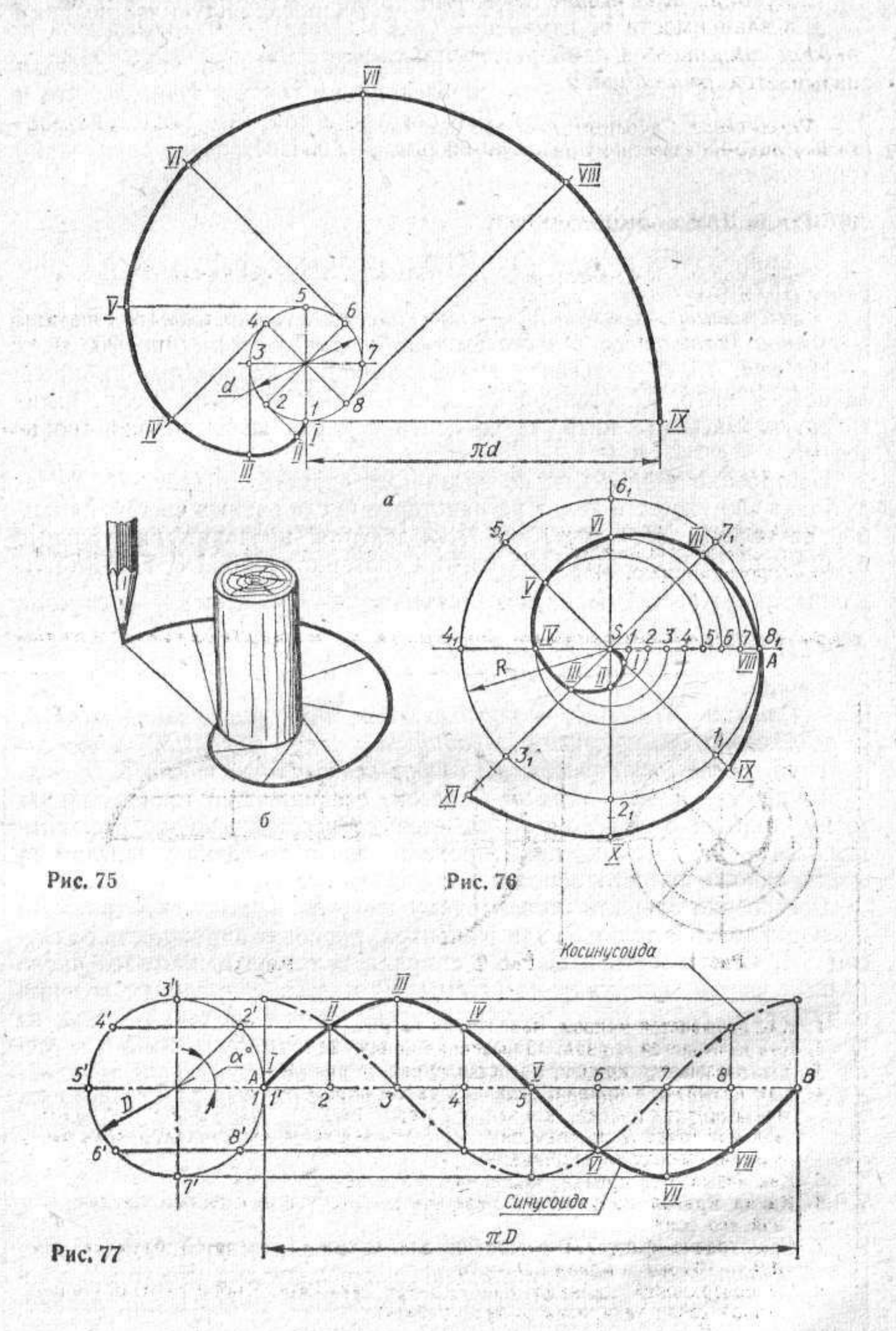


Рис. 75

Рис. 76

Рис. 77

Синусоида показывает изменение тригонометрической функции синуса в зависимости от изменения угла α. Отрезок AB называется *периодом синусоиды*, а наибольшее отклонение точки синусоиды от ее оси называется *амплитудой*.

Упражнение. Самостоятельно рассмотрите и поясните построение синусоиды и косинусоиды по известному диаметру окружности d (рис. 77).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая кривая называется эллипсом? Назовите основные элементы эллипса.
2. Как построить эллипс по двум его осям?
3. Какая кривая называется гиперболой? Назовите основные элементы гиперболы.
4. Как построить гиперболу по фокусному расстоянию и расстоянию между ее вершинами?
5. Какая кривая называется параболой? Назовите ее основные элементы.
6. Как построить параболу по ее параметру?
7. Какая кривая называется циклоидой? Как построить циклоиду по заданному диаметру окружности d?
8. Что такое эвольвента и как построить ее по данному диаметру d окружности?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Лекальные кривые». На каждый вопрос найдите ответ в таблице на с. 70. Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Лекальные кривые"

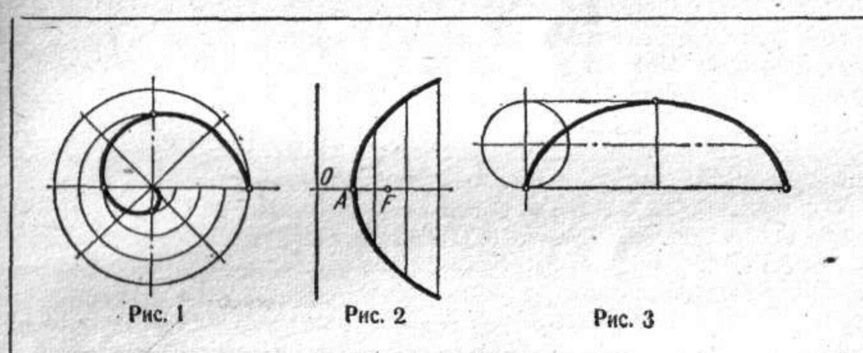


Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3

1. Как называется кривая, показанная на рис. 1?
2. Как называется кривая, приведенная на рис. 2?
3. Как называется кривая, представленная на рис. 3?
4. Как называется кривая, заданная таким определением: «Незамкнутая плоская кривая, у которой разность расстояний от произвольной точки M до фокусов F_1 и F_2 есть величина постоянная, равная расстоянию между ее вершинами»?
5. Как называется кривая, заданная уравнением $y^2 = 2px$?
6. Какая кривая получится в пересечении конуса плоскостью, параллельной его оси?
7. Чему равно фокусное расстояние для эллипса, у которого большая ось $AB = 100$ *мм*, а малая $CD = 70$ *мм*?
8. На поверхности цилиндра концом закреплена нить. Какую кривую опишет второй конец нити, если ее разматывать?

9. Какое из уравнений, приведенных в таблице ответов, передает характеристику эллипса?
10. Мотоциклист едет по внешней стороне цилиндрической арены. Какую кривую будет описывать точка, расположенная на ободе колеса мотоцикла?

Ответы

1. Эллипс	8. Гипоциклоида	14. $R_1 + R_2 = 2a$
2. Эвольвента	9. Циклоида	15. $\approx 69{,}5$ *мм*
3. Гипербола	10. Косинусоида	16. $\approx 71{,}4$ *мм*
4. Парабола	11. $c^2 = a^2 + b^2$	17. $\approx 66{,}3$ *мм*
5. Синусоида	12. $y = \sin x$	18. 50
6. Спираль Архимеда	13. $a = \frac{p^2}{2}$	19. 80
7. Эпициклоида		20. 30

Раздел II

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

§ 8. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ. КОМПЛЕКСНЫЙ ЧЕРТЕЖ ТОЧКИ

8.1. Метод проецирования

Проекционное черчение изучает способы построения на плоскости изображений предметов, имеющих три измерения. По этим изображениям учащийся должен уметь определять форму и величину предмета, взаимное расположение и размеры его составных частей, положение предмета относительно других предметов и изделий и т. п.

Перед изучающим курс черчения стоят две основные задачи:

1) научиться по определенным законам строить чертежи различных предметов;

2) уметь читать чертежи любых деталей и изделий.

Вторая задача более сложна, так как она требует не только знания основных законов черчения и стандартов, но и достаточно развитого пространственного мышления.

Для построения изображений предметов на плоскости пользуются методом проецирования. Слово «проекция» — латинское, от глагола projecere, что в переводе означает «бросать вперед».

Следовательно, *проекция — это изображение предмета, «отброшенное» на плоскость при помощи лучей. Спроецировать предмет на плоскость — это значит построить его изображение на плоскости.*

Проекции разделяются на центральные и параллельные.

Идея **центрального проецирования** видна из рис. 78, *а*. Пусть заданы в пространстве точка S — *центр проекций* и плоскость Π_1 — *плоскость проекций*. Плоскость Π_1 и точка S составляют *аппарат центральной проекции*. Проецируемый треугольник ABC называется *оригиналом*, или *натурой*. Чтобы спроецировать заданный оригинал, нужно из центра проекций S через вершины треугольника провести проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекций Π_1. Точки пересечения A_1, B_1, C_1 называются *центральными проекциями вершин* A, B, C на плоскость Π_1, а треугольник $A_1B_1C_1$ — *центральной проекцией треугольника* ABC. Центральные проекции (перспективу) применяют в архитектурных чертежах, в аэрофотосъемке, рисовании и др. Вследствие трудностей при построении изображений и их измерении, а также при чтении чертежей, в машиностроительном черчении центральными проекциями не пользуются.

В черчении используют метод **параллельного проецирования** (рис. 78, *б*). Как и в предыдущем случае, выбирают *плоскость проекций* Π_1, но вместо центра проекций S задают *направление проецирования* s, т. е. считают, что точка S — центр проекций — расположена в бесконечности и поэтому проецирующие лучи параллельны между

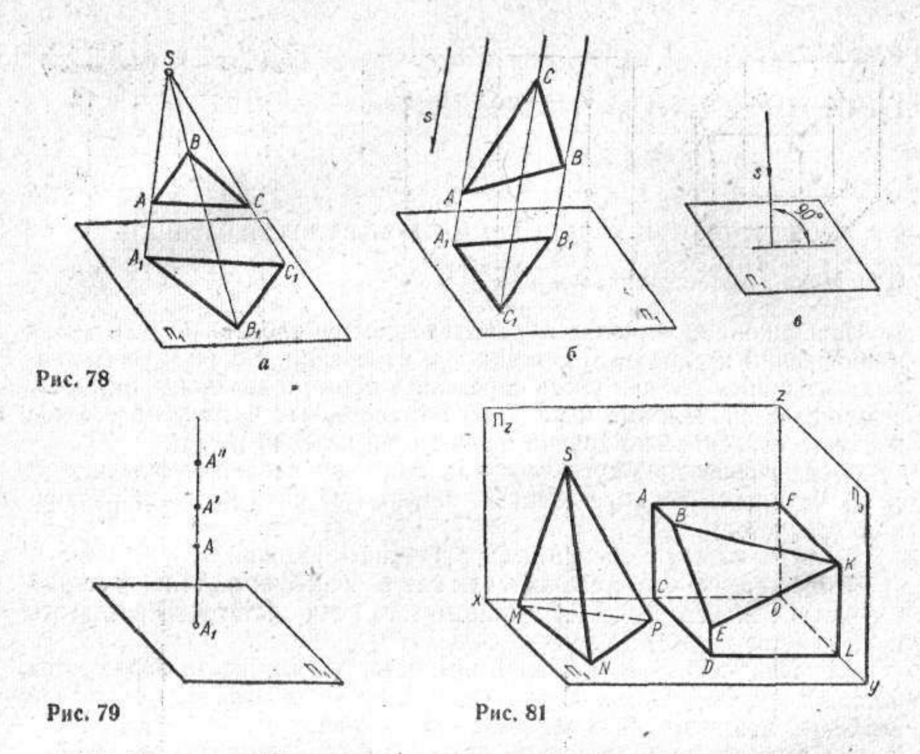


Рис. 78

Рис. 79

Рис. 81

собой. Плоскость $П_1$ и направление s составляют *аппарат параллельной проекции*. Чтобы спроецировать треугольник ABC на плоскость $П_1$, через вершины A, B, C проводят проецирующие лучи параллельно направлению проецирования s. Треугольник $A_1B_1C_1$, образованный пересечением лучей AA_1, BB_1, CC_1 с плоскостью $П_1$, и будет параллельной проекцией треугольника ABC.

Параллельные проекции разделяются на прямоугольные и косоугольные. Если проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций (рис. 78, *в*), то способ проецирования называется *прямоугольным*, а полученные при этом проекции — *прямоугольными*, или *ортогональными*. Если же угол наклона лучей не равен 90°, то подобная параллельная проекция называется *косоугольной*. В черчении используют, главным образом, прямоугольные проекции.

8.2. Проецирование точки на три плоскости проекций

Одна прямоугольная проекция точки не определяет ее положения в пространстве. Из рис. 79 видно, что проекции A_1 отвечает бесчисленное множество точек (A, A', A''), лежащих на проецирующем луче, идущем из A_1 перпендикулярно к плоскости проекций $П_1$.

Совокупность двух прямоугольных проекций на две взаимно перпендикулярные плоскости позволяет однозначно определить форму и положение предмета в пространстве. Однако в черчении при построе-

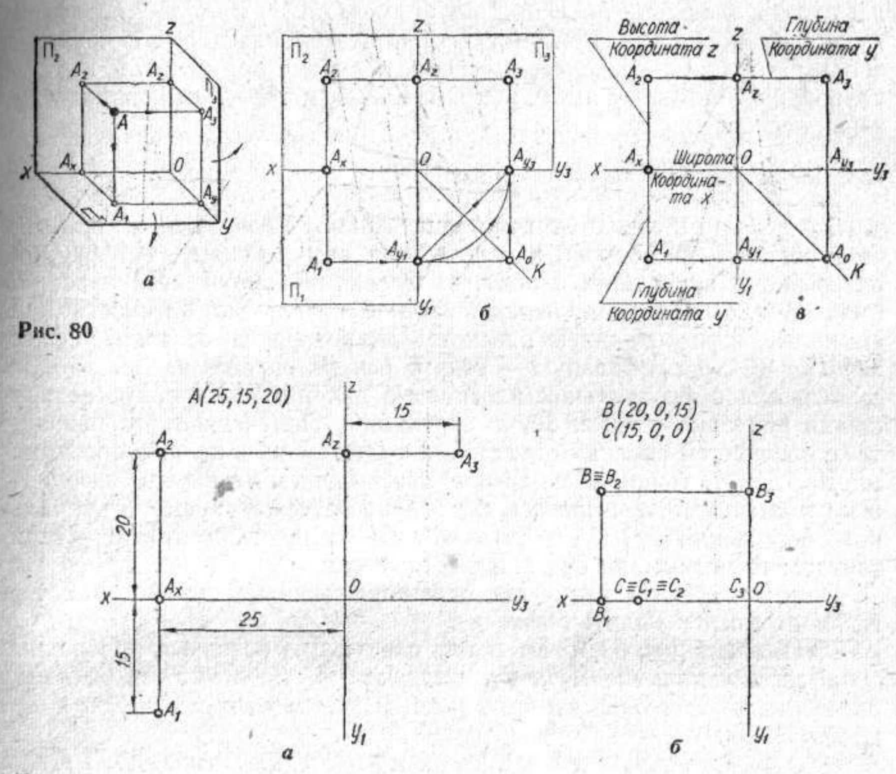


Рис. 80

Рис. 82

нии изображений чаще используют три плоскости проекций и потому рассмотрим законы проецирования на три плоскости проекций.

Пусть заданы три взаимно перпендикулярные плоскости проекций, образующие прямой трехгранный угол (рис. 80, *а*): Π_1 — *горизонтальная*, Π_2 — *фронтальная* и Π_3 — *профильная плоскости проекций;* линии Ox, Oy, Oz взаимного пересечения плоскостей проекций называются *осями проекций,* а точка O — *началом осей проекций.*

В пространстве трехгранного угла задана точка A и требуется построить ее проекции на плоскости Π_1, Π_2 и Π_3 (точку можно рассматривать как вершину некоторого предмета, например параллелепипеда, изображенного на рис. 81). Для этого из точки A проводят проецирующие лучи AA_1, AA_2, AA_3, перпендикулярные к плоскостям проекций, до пересечения с ними. В результате пересечения получают A_1 — *горизонтальную,* A_2 — *фронтальную* и A_3 — *профильную проекции точки* A (проекции обозначают той же буквой, какой обозначена точка, с индексом 1 для горизонтальной, 2 — для фронтальной и 3 — для профильной проекций). Прямая AA_1 называется *горизонтально проецирующим,* AA_2 — *фронтально проецирующим,* AA_3 — *профильно проецирующим лучами.* Проецирующие лучи AA_1 и AA_2 определяют плоскость, перпендикулярную к оси Ox и к плоскостям Π_1 и Π_2. Эта плоскость

пересекает плоскости проекций по прямым A_1A_x и A_2A_x, перпендикулярным к оси Ox. Точку пересечения этой плоскости с осью Ox обозначают A_x. Рассуждая аналогично, получают прямые A_1A_y и A_3A_y, перпендикулярные к оси Oy, и прямые A_2A_z и A_3A_z, перпендикулярные к оси Oz.

8.3. Комплексный чертеж точки

В черчении принято от пространственного изображения точки и ее проекций переходить к плоскому, или комплексному, чертежу, образованному вращением плоскостей проекций вокруг осей проекций (рис. 80, *а*, *б*). Сохраняя неподвижной фронтальную плоскость проекций Π_2, горизонтальную плоскость Π_1 поворачивают вокруг оси Ox вниз на 90°, а профильную — вокруг оси Oz вправо на 90° до их совмещения с фронтальной плоскостью проекций. Направление вращения показано на рис. 80, *а* стрелками. Полученное изображение трех плоскостей проекций вместе с изображенными на них проекциями A_1, A_2, A_3 точки A называют *комплексным чертежом точки A*. На комплексном чертеже ось Oy раздваивается и кроме вертикального положения Oy_1 (вниз от точки O) занимает и второе — горизонтальное положение Oy_3 (вправо от точки O).

Прямую, соединяющую две проекции точки на комплексном чертеже, называют *линией связи*.

Из анализа рис. 80, *б* вытекают следующие основные положения:

а) *горизонтальная A_1 и фронтальная A_2 проекции точки всегда расположены на вертикальной линии связи, перпендикулярной к оси проекций Ox;*

б) *фронтальная A_2 и профильная A_3 проекции точки всегда расположены на горизонтальной линии связи, перпендикулярной к оси проекций Oz;*

в) *горизонтальная A_1 и профильная A_3 проекции точки всегда расположены на линиях связи, пересекающихся на биссектрисе угла y_1Oy_3.* Эта биссектриса получила наименование *постоянной прямой чертежа* (линия K), а линия связи $A_1A_0A_3$ — *ломаной* или *горизонтально-вертикальной линии связи.*

8.4. Измерения и координаты точки

В пространстве может быть взято множество точек, занимающих по отношению к плоскостям проекций различное положение. Например, пирамида и срезанный параллелепипед (рис. 81) имеют 13 вершин—точек, различно расположенных относительно плоскостей Π_1, Π_2 и Π_3. Чтобы определить положение каждой из этих точек в отдельности, нужно знать три ее измерения — широту, высоту и глубину.

Высота точки (рис. 80, *а*, *в*) определяется ее расстоянием от горизонтальной плоскости проекций или удалением ее фронтальной проекции A_2 от оси Ox ($AA_1 = A_2A_x$).

Глубину точки измеряют ее расстоянием от фронтальной плоскости проекций или удалением ее горизонтальной проекции A_1 от оси Ox ($AA_2 = A_1A_x$).

Широтой точки является ее удаление от профильной плоскости проекций или расстояние от точки A_x до начала осей проекций O ($AA_3 = A_xO$). Все эти утверждения вытекают из рассмотрения прямоугольников $AA_1A_xA_2$ и $AA_1A_yA_3$.

Если принять плоскости и оси проекций за координатные плоскости и оси координат x, y, z, то положение любой точки пространства может быть задано тремя ее координатами. В этом случае отрезок $AA_3 = A_xO$ выражает координату x, т. е. расстояние от точки до плоскости Π_3, отрезок $AA_2 = A_1A_x$ — координату y, т. е. расстояние от точки до плоскости Π_2, и отрезок $AA_1 = A_2A_x$ — координату z, т. е. расстояние от точки до плоскости Π_1. Запись типа A (10, 16, 8) означает, что координата x точки A равна 10 *мм*, координата $y = 16$ *мм*, координата $z = 8$ *мм*.

8.5. Построение проекций точки по ее координатам (измерениям)

Рассмотрим на примере построение проекций точки по ее координатам (измерениям). Задана точка A (25, 15, 20), т. е. $x = 25$ *мм*, $y = 15$ *мм*, $z = 20$ *мм*. Нужно построить комплексный чертеж точки в системе трех плоскостей проекций.

Проводят оси Ox, Oy, Oz (рис. 82, *а*). По оси Ox влево от точки O откладывают координату $x = 25$ *мм* и через полученную точку A_x проводят вертикальную линию связи. На этой линии вниз от A_x откладывают значение координаты $y = 15$ *мм* и получают горизонтальную проекцию A_1 точки A. На этой же линии вверх от A_x откладывают значение координаты $z = 20$ *мм* и получают фронтальную проекцию A_2 точки A. Найденные проекции A_1 и A_2 определяют положение точки. Если нужно построить третью, профильную, проекцию, из проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи и откладывают вправо от точки A_z отрезок, равный значению координаты y ($A_zA_3 = 15$ *мм*). A_3 — профильная проекция точки A.

На рис. 82, *б* построены комплексные чертежи точек B (20, 0, 15) и C (15, 0, 0).

8.6. Различные положения точек относительно плоскостей проекций

Возможны следующие случаи:

Точка расположена в пространстве. В этом случае ее задают тремя координатами (измерениями). Все три проекции точки удалены от осей проекций (рис. 82, *а*).

Точка находится на одной из плоскостей проекций — Π_1, Π_2 или Π_3. В этом случае ее задают двумя действительными координатами, не равными нулю. Одна проекция совпадает с самой точкой, а две другие лежат на осях. На рис. 82, *б* изображены проекции точки B (20, 0, 15), лежащей в плоскости проекций Π_2. В этом случае фронтальная проекция B_2 совпадает с самой точкой B, горизонтальная проекция B_1 лежит на оси Ox, а профильная B_3 — на оси Oz.

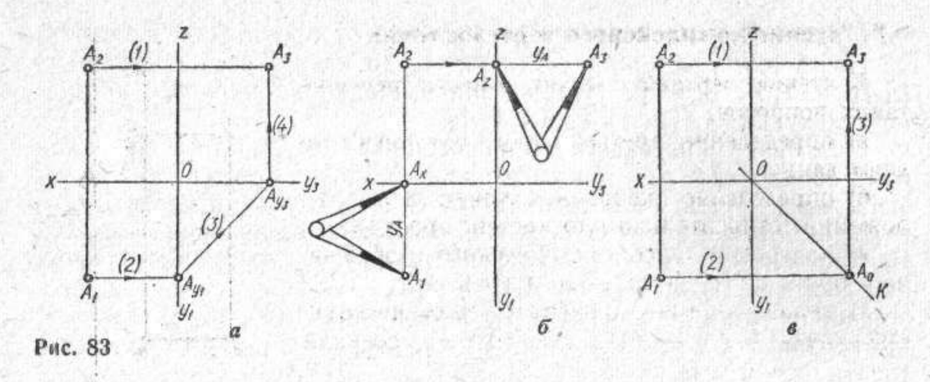


Рис. 83

Точка находится на одной из осей проекций — *Ox*, *Oy* или *Oz*. В этом случае ее задают одной действительной координатой, не равной нулю. Две проекции совпадают с самой точкой, а третья находится в точке *O* — начале осей проекций. На рис. 82, *б* изображены проекции точки *C* (15, 0, 0), лежащей на оси *Ox*. В этом случае горизонтальная C_1 и фронтальная C_2 проекции совпадают с самой точкой *C*, а профильная проекция C_3 находится в точке *O*.

8.7. Построение третьей проекции точки по двум данным ее проекциям

В черчении часто приходится решать задачи на построение третьей проекции фигуры по двум данным. Для этого прежде нужно научиться строить третью проекцию точки, если известны две ее проекции. Выполнить это можно тремя способами.

Проекционный способ (рис. 83, *а*). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции A_1 опускают перпендикуляр на ось Oy_1, получают точку A_{y_1} и при помощи циркуля или прямоугольного равнобедренного треугольника находят на оси Oy_3 положение точки A_{y_3}. Из этой точки проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией связи, проведенной из A_2. Точка A_3 — профильная проекция точки *A*.

Координатный способ (рис. 83, *б*). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Измеряют циркулем расстояние от проекции A_1 до оси *Ox* (глубину точки, или координату y_A) и откладывают этот отрезок на линии связи вправо от точки A_z. Получают профильную проекцию A_3.

Способ с использованием постоянной прямой чертежа (рис. 83, *в*). Из фронтальной проекции A_2 проводят горизонтальную линию связи. Из горизонтальной проекции A_1 проводят линию связи до пересечения в точке A_0 с постоянной прямой *K*, т. е. биссектрисой угла y_1Oy_3. Из точки A_0 проводят вертикальную линию связи до пересечения с линией, проведенной из фронтальной проекции A_2.

Предпочтительней второй и третий способы, требующие меньшего числа построений и позволяющие использовать чертежные приборы.

8.8. Чтение комплексного чертежа точки

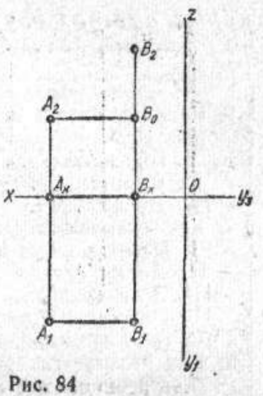


Рис. 84

К чтению чертежа следует отнести решение таких вопросов:

а) определение третьей проекции точки по двум данным;

б) определение координат точки и ее положения относительно плоскостей проекций;

в) построение аксонометрического изображения точки по ее комплексному чертежу;

г) анализ взаимного расположения нескольких точек относительно плоскостей проекций и др.

На рис. 84 заданы проекции точек *A* и *B*. Эти точки расположены в пространстве, так как ни одна из их координат не равна нулю. Широта точки *A* больше широты точки *B*, так как отрезок OA_x больше отрезка OB_x. Следовательно, точка *A* дальше отстоит от плоскости Π_3, чем точка *B*. Глубины этих точек равны вследствие равенства координат *y* ($A_1A_x = B_1B_x$). Из этого следует, что точки одинаково удалены от плоскости проекций Π_2. Высоты у точек различны. Точка *B* дальше отстоит от плоскости Π_1 на величину, равную отрезку B_2B_0.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем сущность центрального проецирования?
2. В чем сущность параллельного проецирования?
3. На какие виды разделяются параллельные проекции?
4. Как называют и как обозначают три основные плоскости проекций?
5. Как обозначают оси проекций?
6. Как называются лучи AA_1; AA_2; AA_3?
7. Что такое комплексный чертеж точки и как его получают?
8. Сформулируйте основные положения проецирования точки.
9. Какие координаты (измерения имеет точка, находящаяся в пространстве? лежащая на плоскости Π_3? находящаяся на оси *Oy*?
10. В какой последовательности строят проекции точки по ее координатам?
11. Назовите способы построения третьей проекции точки по двум данным.
12. Задайтесь на комплексном чертеже двумя произвольными точками, лежащими на одном проецирующем луче относительно плоскости Π_2. Запишите координаты этих точек.
13. Задайтесь на комплексном чертеже двумя произвольными точками, равноотстоящими от плоскостей проекций Π_2 и Π_3; запишите их координаты.
14. Заданы точки *A* (40, 60, 10); *B* (0, 18, 50); *C* (60, 0, 30); *D* (0, 30, 0). Постройте три проекции каждой из точек на комплексном чертеже. Постройте наглядное изображение этих точек в кабинетной проекции.

Упражнение. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Проецирование точки». На каждый вопрос запишите номер правильного ответа из тех, которые приведены в карте. Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Проецирование точки"

1. Как называется плоскость проекций Π_2?
   I. Горизонтальная
   II. Фронтальная
   III. Профильная
2. Как называется линия A_1A_2?
   I. Проекционная линия
   II. Линия связи
   III. Вертикальная линия связи
   IV. Постоянная прямая
   V. Ось проекций
3. Как называется прямая *K* (рис. 1)?
   I. Проекционная прямая
   II. Наклонная прямая
   III. Линия связи
   IV. Постоянная прямая
4. Какие из точек лежат в плоскости проекций Π_3 (рис. 1)?
   I. *A*; *B* III. *C* V. *A*; *C*
   II. *A*; *D* IV. *E*; *D* VI. *A*

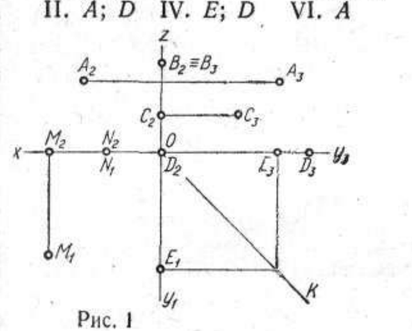


Рис. 1

5. Какие из точек лежат на оси проекций *Oy* (рис. 1)?
   I. *D* III. *M*; *D* V. *D*; *E*
   II. *D*; *N* IV. *E* VI. *N*
6. Какая из точек наиболее удалена от плоскости Π_2 (рис. 1)?
   I. *D* III. *M* V. *C*
   II. *E* IV. *B* VI. *A*
7. Какими координатами задают точку, лежащую в плоскости проекций Π_1?
   I. *x*, *y* II. *x*, *y*, *z* III. *x*, *z*
   IV. *y* V. *x* VI. *y*
8. Сколько вершин имеет деталь, изображенная на рис. 2?
   I. 8
   II. 12
   III. 14
   IV. 10
   V. 11

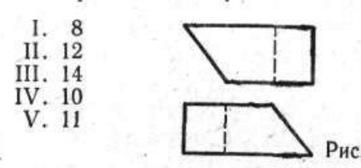


Рис. 2

9. Заданы точки *A* (45, 20, 80); *B* (30, 60, 40); *C* (80, 45, 10). Какая из этих точек расположена ближе к плоскости проекций Π_3?
   I. *A* II. *B* III. *C*
10. Каким способом определена проекция A_3 на рис. 3?
    I. Проекционным
    II. Координатным
    III. При помощи постоянной прямой

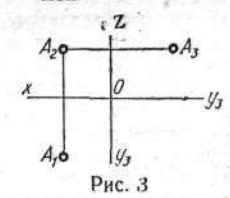


Рис. 3

§ 9. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ ЛИНИИ

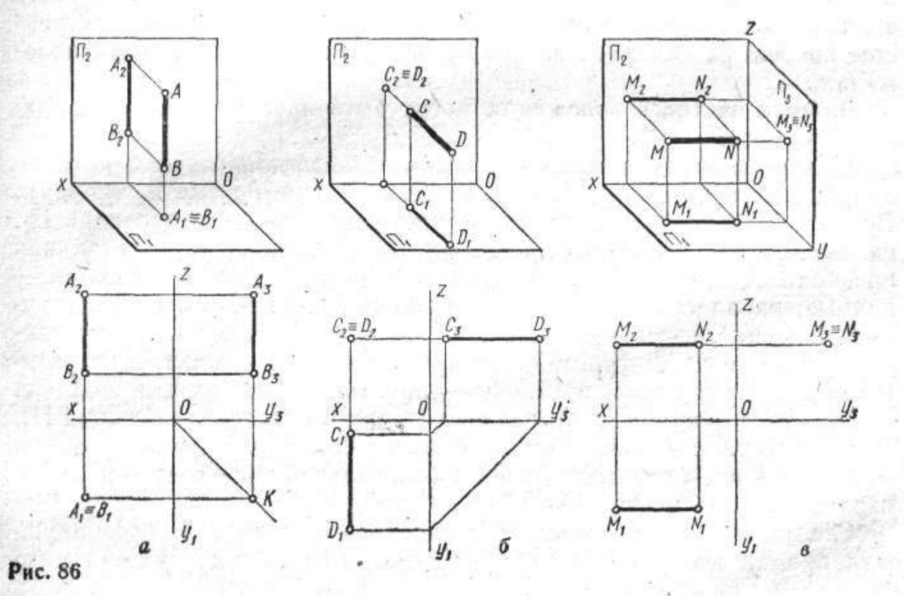
9.1. Проецирование прямой на три плоскости проекций

Прямую можно рассматривать как результат пересечения двух плоскостей (рис. 85, *а*, *б*).

Прямая в пространстве безгранична. Ограниченная часть прямой называется отрезком.

Проецирование прямой сводится к построению проекций двух произвольных ее точек, так как две точки полностью определяют положение прямой в пространстве. Опустив из точек *A* и *B* (рис. 85, *а*) перпендикуляры до пересечения с плоскостью Π_1, определяют их горизонтальные проекции A_1 и B_1. Отрезок A_1B_1 — *горизонтальная проекция*

Рис. 85



П2
A2
A
B2
B
X
O
A1≡B1
П1
C2≡D2
C
D
C1
D1
Z
M2
N2
П3
M3≡N3
M
N
M1
N1
Y
A3
B3
Y3
K
Y1
C3
D3
а
б
в

Рис. 86

прямой AB. Аналогичный результат получают, проведя перпендикуляры к Π_1 из произвольных точек прямой AB. Совокупность этих перпендикуляров (проецирующих лучей) образует *горизонтально проецирующую плоскость* α, которая пересекается с плоскостью Π_1 по прямой A_1B_1 — горизонтальной проекции прямой AB. Исходя из тех же соображений, получают *фронтальную проекцию* A_2B_2 прямой AB (рис. 85, *б*).

Одна проекция прямой не определяет ее положения в пространстве. Действительно, отрезок A_1B_1 (рис. 85, *а*) может быть проекцией произвольного отрезка, лежащего в проецирующей плоскости α. Положение прямой в пространстве однозначно определяется совокупностью двух ее проекций. Восставляя из точек горизонтальной A_1B_1 и фронтальной A_2B_2 проекций прямой (рис. 85, *б*) перпендикуляры к плоскостям проекций Π_1 и Π_2, получают две проецирующие плоскости α и β, пересекающиеся по единственной прямой AB.

На комплексном чертеже (рис. 85, *в*) изображен отрезок AB прямой общего положения, где A_1B_1 — горизонтальная, A_2B_2 — фронтальная и A_3B_3 — профильная проекции отрезка. Для построения третьей проекции отрезка прямой по двум данным можно использовать те же способы, что и для построения третьей проекции точки: проекционный (рис. 85, *г*), координатный (рис. 85, *д*) и с использованием постоянной прямой чертежа (рис. 85, *в*).

9.2. Положение прямой относительно плоскостей проекций

На рис. 81 изображен параллелепипед со срезанной вершиной и произвольная треугольная пирамида. Ребра параллелепипеда и пирамиды занимают различные положения в пространстве относительно плоскостей проекций. Чтобы строить и читать чертежи, нужно уметь анализировать положения прямой. По своему положению в пространстве прямые разделяются на прямые частного и прямые общего положения.

Прямые частного положения могут быть проецирующими и прямыми уровня.

Проецирующими называются прямые, перпендикулярные к одной из плоскостей проекций, т. е. параллельные двум другим плоскостям. Прямая AB (рис. 86, *а*), перпендикулярная к плоскости проекций Π_1, называется *горизонтально проецирующей прямой*; ее горизонтальная проекция A_1B_1 — точка, а фронтальная и профильная проекции — прямые, параллельные оси Oz. Прямая CD (рис. 86, *б*), перпендикулярная к плоскости проекций Π_2, называется *фронтально проецирующей прямой;* ее фронтальная проекция C_2D_2 — точка, а горизонтальная и профильная проекции — прямые, параллельные оси Oy. Прямая MN (рис. 86, *в*), перпендикулярная к плоскости проекций Π_3, называется *профильно проецирующей прямой*; ее профильная проекция M_3N_3 — точка, а горизонтальная и фронтальная проекции — прямые, параллельные оси Ox.

Следовательно, на одной из плоскостей проекций проецирующая прямая изображается в виде точки, а на двух других — в виде

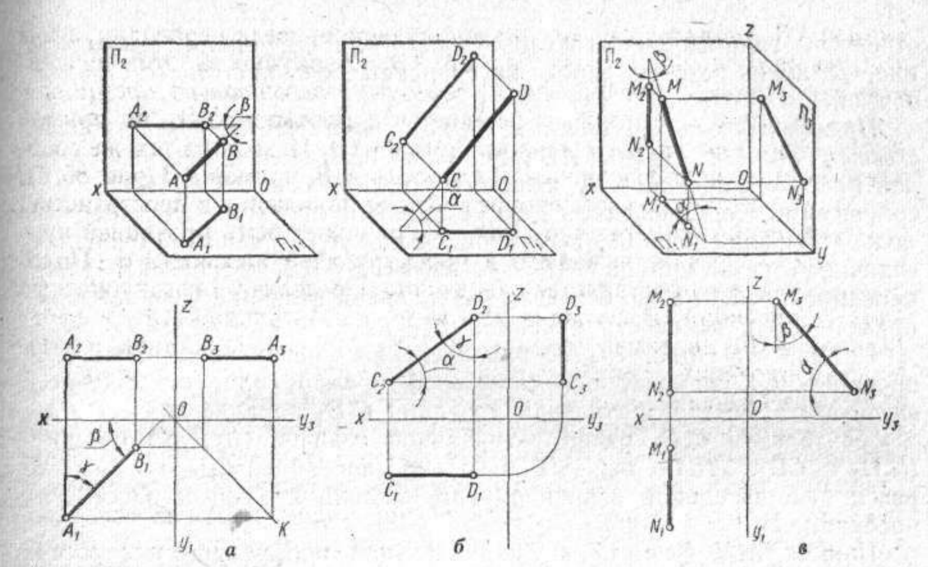


Рис. 87

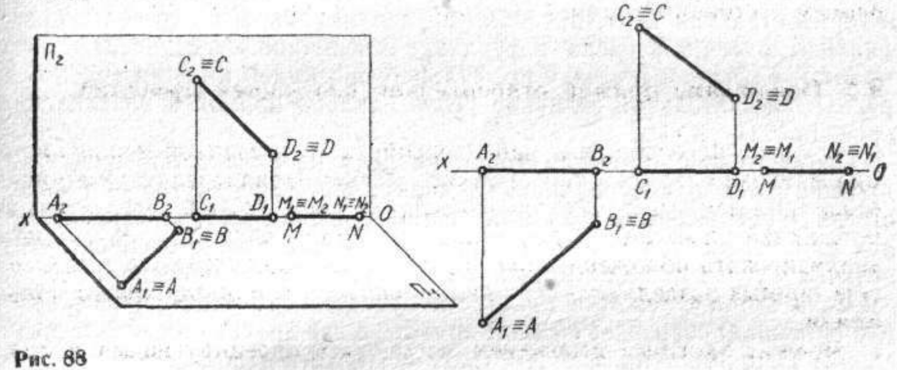


Рис. 88

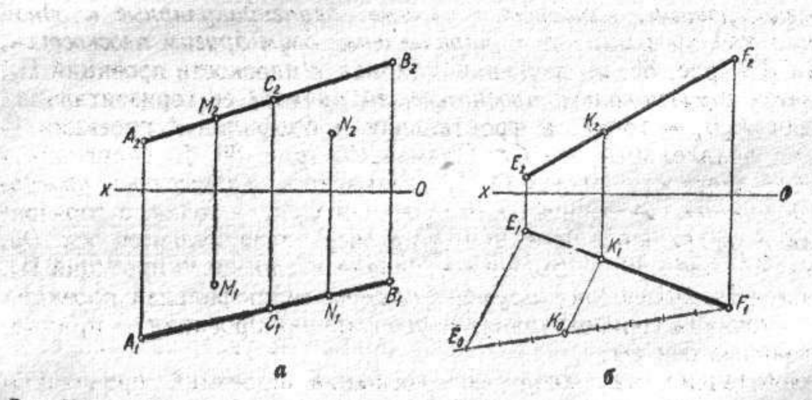


Рис. 89

отрезков, занимающих горизонтальное или вертикальное положение, величина которых равна натуральной величине самого отрезка прямой.

Прямыми уровня называются прямые, параллельные одной из плоскостей проекций. Прямая AB (рис. 87, *а*), параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1, называется *горизонтальной прямой*, или, сокращенно, *горизонталью*. Ее фронтальная проекция A_2B_2 параллельна оси проекций Ox, а горизонтальная A_1B_1 равна натуральной величине отрезка прямой ($A_1B_1 = AB$). Угол β между горизонтальной проекцией A_1B_1 и осью Ox равен натуральной величине угла наклона прямой AB к плоскости проекций Π_2.

Прямая CD (рис. 87, *б*), параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2, называется *фронтальной прямой*, или, сокращенно, *фронталью*. Ее горизонтальная проекция C_1D_1 параллельна оси Ox, а фронтальная C_2D_2 равна натуральной величине отрезка прямой ($C_2D_2 = CD$). Угол α между фронтальной проекцией C_2D_2 и осью Ox равен действительной величине угла наклона прямой к плоскости проекций Π_1.

Прямая MN (рис. 87, *в*), параллельная профильной плоскости проекций Π_3, называется *профильной прямой*. Ее фронтальная M_2N_2 и горизонтальная M_1N_1 проекции перпендикулярны к оси Ox, а профильная проекция равна натуральной величине отрезка ($M_3N_3 = MN$). Углы α и β между профильной проекцией и осями Oy_3 и Oz равны действительной величине углов наклона прямой к плоскостям проекций Π_1 и Π_2.

Следовательно, прямые уровня на одну из плоскостей проекций проецируются в натуральную величину, а на две другие — в виде отрезков уменьшенной величины, занимающих на чертеже вертикальное или горизонтальное положение. По чертежу можно определить величину углов наклона этих прямых к плоскостям проекций.

Если прямая лежит в плоскости проекций, то одна ее проекция (одноименная) совпадает с самой прямой, а две другие — с осями проекций. Например, прямая AB (рис. 88) лежит в плоскости Π_1. Ее горизонтальная проекция A_1B_1 сливается с прямой AB, а фронтальная A_2B_2 — с осью Ox. Подобную прямую называют *нулевой горизонталью*, так как высота ее точек (координата z) равна нулю.

Упражнение. Самостоятельно проанализируйте положение прямых CD и MN (рис. 88).

Прямой общего положения называют прямую, наклоненную ко всем плоскостям проекций. Ее проекции образуют с осями Ox, Oy и Oz острые или тупые углы, т. е. ни одна из ее проекций не параллельна и не перпендикулярна к осям. Величина проекций прямой общего положения всегда меньше натуральной величины самого отрезка. Непосредственно по чертежу без дополнительных построений нельзя определить действительную величину прямой и углы наклона ее к плоскостям проекций. Эти вопросы будут рассмотрены в дальнейшем.

9.3. Прямая и точка

Если точка лежит на прямой, то проекции точки находятся на одноименных проекциях прямой и на общей линии связи.

На рис. 89, *а* точка C лежит на прямой AB, так как ее проекции C_1 и C_2 находятся соответственно на горизонтальной A_1B_1 и на фронтальной A_2B_2 проекциях прямой. Точки M и N не принадлежат прямой, так как одна из проекций каждой точки не находится на одноименной с ней проекции прямой.

Исходя из геометрических соображений относительно прямой и точки, можно сформулировать следующее положение: проекции точки делят проекции прямой в таком же отношении, в каком сама точка делит отрезок прямой, т. е. $\frac{A_1C_1}{C_1B_1} = \frac{A_2C_2}{C_2B_2} = \frac{AC}{CB}$. Пользуясь этим правилом, можно разделить заданный отрезок прямой в нужном соотношении. Например, на рис. 89, *б* прямая EF разделена точкой K в отношении 3 : 5. Деление выполнено способом, известным из геометрического черчения.

9.4. Следы прямой

На рис. 90, *а* изображен в пространстве отрезок AB прямой общего положения. Если отрезок продлить в обе стороны от точек A и B, то в точках M и N он встретится с плоскостями проекций Π_1 и Π_2.

Точки пересечения прямой с плоскостями проекций называются следами прямой.

Точка M — *горизонтальный след прямой,* а точка N — *фронтальный.* Проекции следов на чертеже соответственно обозначены M_1 и M_2, N_1 и N_2. На рис. 90, *б* прямая AB и ее следы изображены на комплексном чертеже.

Из условия, что след является точкой, одновременно принадлежащей данной прямой и плоскости проекций, вытекает правило нахождения следов прямой. Для построения на комплексном чертеже горизонтального следа прямой AB нужно (рис. 90, *а*, *б*):

а) продлить фронтальную проекцию A_2B_2 до пересечения с осью Ox в точке M_2 (точка M_2 — фронтальная проекция искомого следа M);

б) провести из M_2 вертикальную линию связи до пересечения с горизонтальной проекцией A_1B_1 в точке M_1 (точка M_1 — горизонтальная проекция следа и сам след M).

Аналогично определяют фронтальный след прямой.

Упражнение. Пользуясь рис. 90, *б*, самостоятельно сформулируйте правило построения фронтального следа N.

На рис. 90, *в* выполнено построение фронтального следа N горизонтали h, а на рис. 90, *г* — горизонтального следа M фронтали f.

9.5. Взаимное положение прямых в пространстве

Две прямые в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

Параллельные прямые. *Если прямые в пространстве параллельны, то их одноименные проекции на любую плоскость также взаимно*

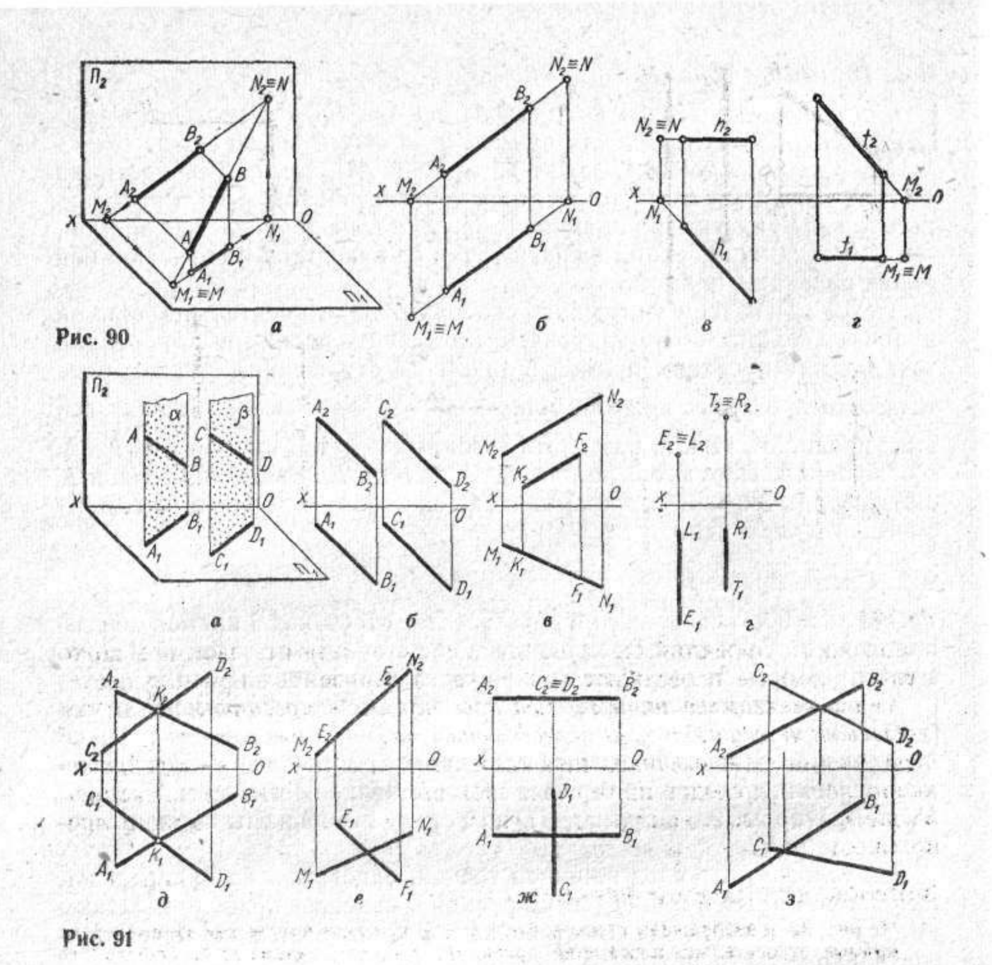


Рис. 90

Рис. 91

параллельны. Представим себе, что через параллельные прямые *AB* и *CD* (рис. 91, *а*) проведены две горизонтально проецирующие плоскости α и β, которые пересекает третья горизонтальная плоскость Π_1. В результате пересечения получим параллельные между собой горизонтальные проекции A_1B_1 и C_1D_1 этих прямых. На комплексном чертеже (рис. 91, *б*) изображены параллельные прямые общего положения; одноименные проекции этих прямых параллельны между собой, т. е. $A_1B_1 \parallel C_1D_1$; $A_2B_2 \parallel C_2D_2$. На рис. 91, *в* параллельные прямые *MN* и *KF* лежат в плоскости, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1, а на рис. 91, *г* параллельные прямые перпендикулярны к фронтальной плоскости проекций.

Пересекающиеся прямые. *Если две прямые в пространстве пересекаются, то их одноименные проекции на чертеже также пересекаются в точках* K_1 *и* K_2, *лежащих на общей линии связи.* На рис. 91, *д* изображены пересекающиеся прямые общего положения, на рис. 91, *е* — пересекающиеся прямые, лежащие в плоскости, перпендикулярной

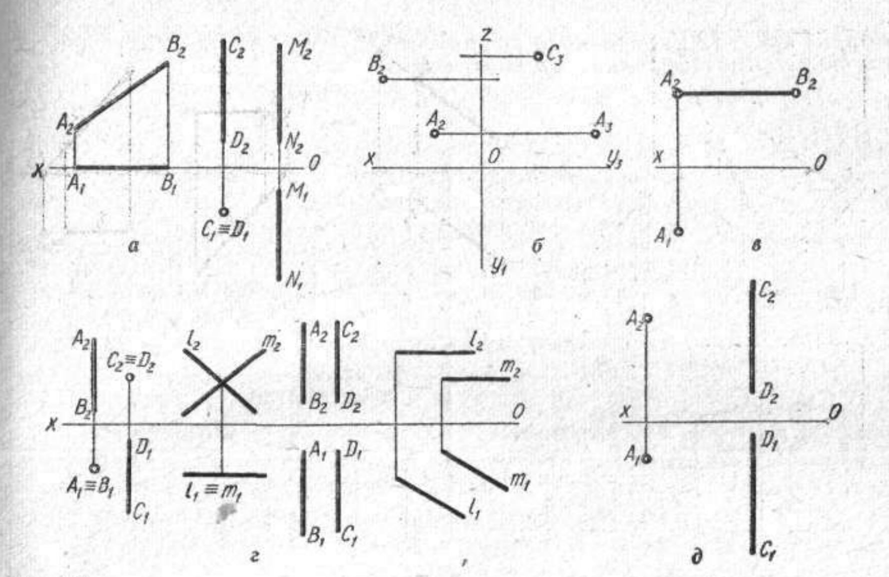


Рис. 92

к плоскости проекций $П_2$, а на рис. 91, *ж* — прямые частного положения, которые пересекаются и лежат в горизонтальной плоскости.

Скрещивающиеся прямые. *Если две прямые в пространстве не параллельны между собой и не пересекаются, то они скрещиваются.* Точки пересечения одноименных проекций этих прямых не находятся на одной линии проекционной связи. На рис. 91, *з* изображены скрещивающиеся прямые общего положения. Через эти прямые можно провести две взаимно параллельные плоскости.

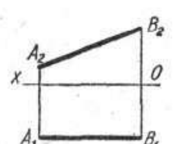
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. На рис. 92, *а* изображены прямые AB, CD и MN. Какое положение занимают эти прямые относительно плоскостей проекций? Как они называются? Определите длину отрезков прямых в миллиметрах и величину углов наклона этих прямых к плоскостям проекций.
2. Постройте профильные проекции прямых, изображенных на рис. 92, *а*.
3. Задайтесь произвольным отрезком AB общего положения и разделите его в отношении 2 : 7.
4. Возьмите произвольный отрезок профильной прямой MN и поделите его в отношении 2 : 5 (без использования профильной проекции).
5. Постройте следы прямой общего положения, профильной прямой и фронтальной прямой.
6. На рис. 92, *б* заданы проекции A_2, A_3, B_2 и C_3 точек A, B, C, лежащих на прямой m. Постройте три проекции этой прямой.
7. Достройте проекцию отрезка AB (рис. 92, *в*) при условии, что отрезок параллелен плоскости $П_1$ и длина его равна 40 *мм*.
8. Через произвольную точку A проведите профильную прямую под углом 30° к плоскости проекций $П_2$.
9. Определите взаимное положение прямых, изображенных на рис. 92, *г*.
10. Через точку A проведите горизонтальную прямую, которая пересекает прямую CD (рис. 92, *д*).

Упражнение. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Проецирование прямой линии». На каждый вопрос укажите номер правильного ответа из тех, которые приведены в карте. Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Проецирование прямой линии"

1. Определите наименование прямой AB.



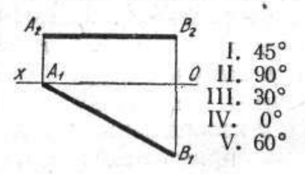
I. Горизонтальная
II. Фронтальная
III. Общего положения
IV. Фронтально проецирующая

2. Каким способом определена профильная проекция A_3B_3?



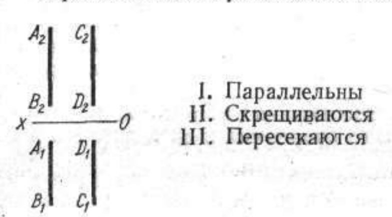
I. Координатным
II. При помощи постоянной прямой
III. Проекционным

3. Под каким углом прямая AB наклонена к плоскости Π_2?



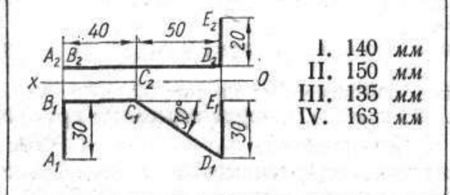
I. 45°
II. 90°
III. 30°
IV. 0°
V. 60°

4. Какое взаимное положение в пространстве имеют прямые AB и CD?



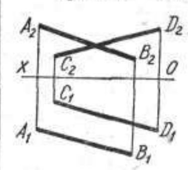
I. Параллельны
II. Скрещиваются
III. Пересекаются

5. Постройте по размерам ломаную линию $ABCDE$ и определите ее натуральную величину.



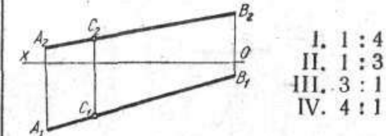
I. 140 *мм*
II. 150 *мм*
III. 135 *мм*
IV. 163 *мм*

6. Определите взаимное положение прямых в пространстве.



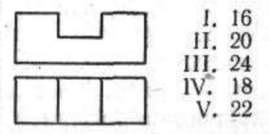
I. Пересекаются
II. Параллельны
III. Скрещиваются

7. В каком отношении точка C делит прямую AB?



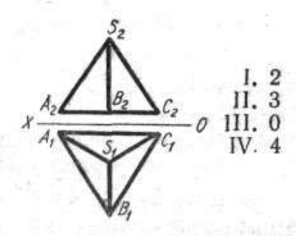
I. 1 : 4
II. 1 : 3
III. 3 : 1
IV. 4 : 1

8. Сколько ребер имеет деталь, изображенная на рисунке?



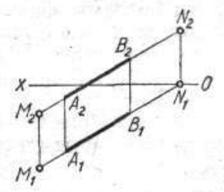
I. 16
II. 20
III. 24
IV. 18
V. 22

9. Сколько ребер пирамиды являются прямыми общего положения?



I. 2
II. 3
III. 0
IV. 4

10. Какие следы прямой AB построены правильно?



I. Горизонтальный
II. Фронтальный
III. Горизонтальный и фронтальный

10.1. Изображение плоскости на комплексном чертеже

Из элементарной геометрии известно, что *через три произвольные точки, не лежащие на одной прямой, можно провести одну и только одну плоскость.* Следовательно, на комплексном чертеже плоскость может быть задана проекциями геометрических элементов, определяющих ее положение в пространстве, а именно:

а) тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис. 93, *а*);
б) прямой и точкой, лежащей вне этой прямой (рис. 93, *б*);
в) двумя пересекающимися прямыми (рис. 93, *в*);
г) двумя параллельными прямыми (рис. 93, *г*);
д) треугольником или любой плоской фигурой (рис. 93, *д*).

Из приведенных рисунков ясно, что от одного способа задания плоскости легко перейти к другому. Так, например, чтобы перейти от задания плоскости прямой и точкой к заданию ее треугольником, нужно соединить точку с концами отрезка прямой.

Рассмотрим еще один способ задания плоскости — **способ следов.** На рис. 93, *е* изображена плоскость σ, произвольно расположенная в пространстве. Прямые, по которым заданная плоскость пересекается с плоскостями проекций, называются *следами плоскости.* Фронтальный след σ_2 — линия пересечения плоскости σ с плоскостью проекций Π_2; горизонтальный след σ_1 — линия пересечения плоскости σ с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 и, наконец, профильный след σ_3 — линия пересечения плоскостей σ и Π_3.

Точки пересечения заданной плоскости с осями проекций Ox, Oy, Oz называются *точками схода следов плоскости.* Обозначают их соответственно σ_x, σ_y и σ_z.

На рис. 93, *ж* плоскость, заданная следами, изображена на комплексном чертеже. След плоскости — это прямая, принадлежащая данной плоскости и плоскости проекций, а поэтому след совпадает на чертеже с одноименной своей проекцией, а другие его проекции лежат на осях. Например, фронтальная проекция фронтального следа σ_2 совпадает с самим следом, а горизонтальная его проекция лежит на оси Ox. Проекции следов плоскостей на комплексном чертеже не обозначают. На рис. 93, *ж* изображены проекции точки N, лежащей на фронтальном следе σ_2, и точки M, лежащей на горизонтальном следе σ_1.

10.2. Положение плоскости в пространстве относительно плоскостей проекций

На рис. 94 изображена деталь. Ее грани — это плоскости, которые относительно плоскостей проекций занимают различное положение. Чтобы научиться читать чертежи и строить изображения сложных технических деталей, нужно уметь анализировать плоскости с точки зрения расположения их в пространстве. По положению в пространстве различают плоскости общего и частного положения.

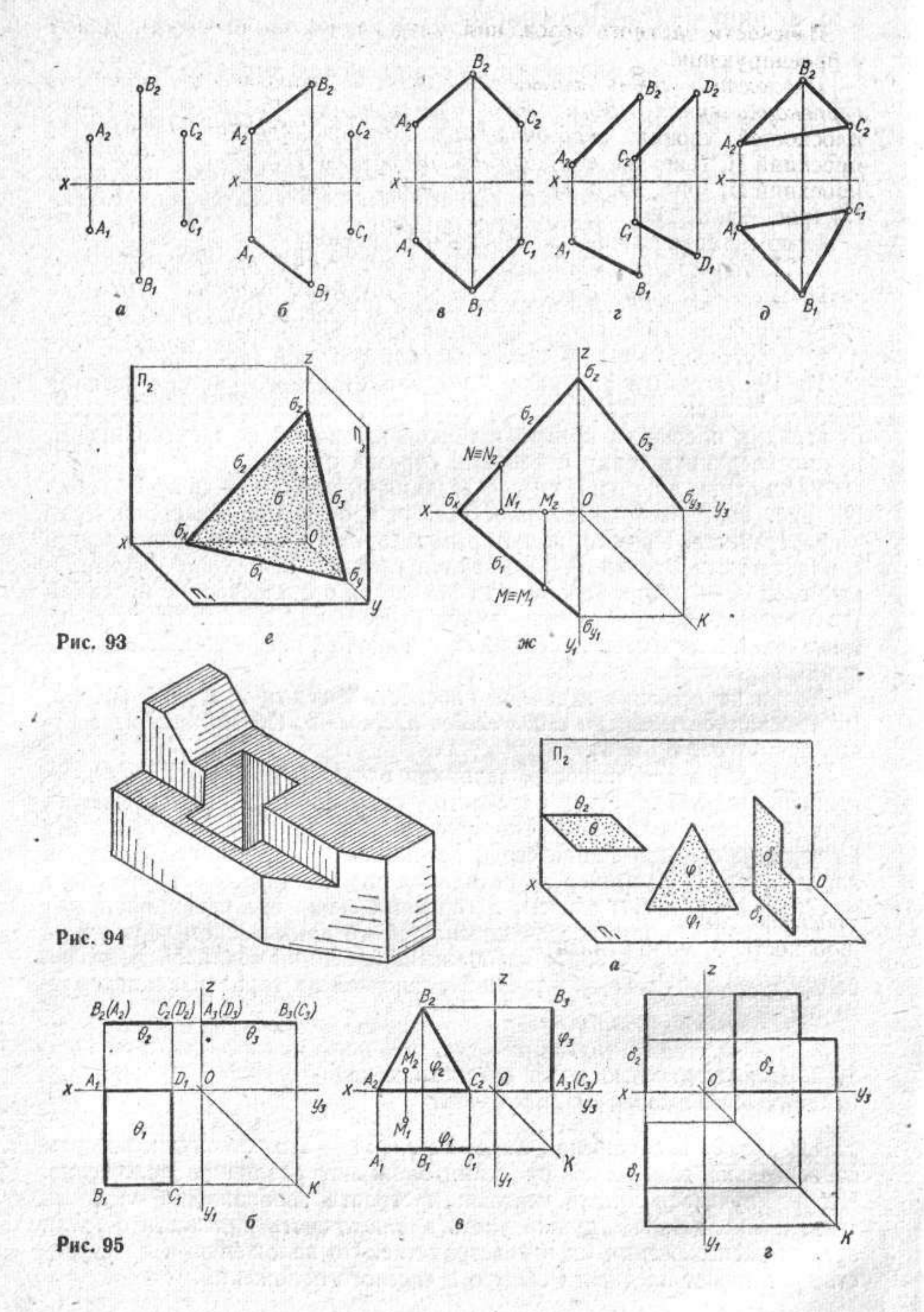


Рис. 93

Рис. 94

Рис. 95

Плоскости частного положения разделяются на плоскости уровня и проецирующие.

Плоскостью уровня называется плоскость, параллельная одной или перпендикулярная к двум плоскостям проекций. Различают три вида плоскостей уровня: *горизонтальную* θ, параллельную плоскости проекций $П_1$ (рис. 95, *а, б*); *фронтальную* φ, параллельную плоскости проекций $П_2$ (рис. 95, *а, в*), и *профильную* δ, параллельную плоскости $П_3$ (рис. 95, *а, г*).

Сформулируем свойства плоскостей уровня:

1. *Любая фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется в натуральную величину на ту плоскость проекций, которой плоскость уровня параллельна.* На рис. 95, *б* прямоугольник θ $(ABCD)$ проецируется в натуральную величину на плоскость $П_1$, так как он лежит в горизонтальной плоскости уровня. Треугольник ABC, расположенный во фронтальной плоскости уровня (рис. 95, *в*), проецируется в натуральную величину на плоскость проекций $П_2$.

2. *На две другие плоскости проекций фигура, лежащая в плоскости уровня, проецируется отрезками прямых, занимающими вертикальное или горизонтальное положение.* Например, прямоугольник θ (рис. 95, *б*), находящийся в горизонтальной плоскости, на $П_2$ и $П_3$ проецируется в виде горизонтальных отрезков θ_2 и θ_3. Проекцию плоскости уровня в виде прямой линии называют *следом-проекцией.*

3. *Следы-проекции плоскостей уровня обладают собирательными свойствами.* Это свойство заключается в том, что проекции точек, линий и фигур, принадлежащих плоскостям уровня, совпадают с их следами-проекциями. Например, фронтальные проекции вершин и сторон прямоугольника $ABCD$, принадлежащего горизонтальной плоскости θ (рис. 95, *б*), совпадают с фронтальным следом θ_2 этой плоскости. Из аналогичных соображений можно заключить, что точка M (рис. 95, *в*) не принадлежит плоскости треугольника ABC, так как ее горизонтальная проекция M_1 не совпадает со следом-проекцией φ_1 плоскости треугольника.

4. *Не ограниченную определенной фигурой плоскость уровня можно задавать одним лишь следом-проекцией.* Например, горизонтальную плоскость θ можно задать следом-проекцией θ_2, а фронтальную — следом-проекцией φ_1 (рис. 95, *б, в*).

Проецирующей называется плоскость, перпендикулярная к одной из плоскостей проекций. Различают три вида проецирующих плоскостей: горизонтально проецирующую θ, перпендикулярную к плоскости проекций $П_1$ (рис. 96, *а, в*), фронтально проецирующую φ, перпендикулярную к плоскости $П_2$ (рис. 96, *а, г*) и профильно проецирующую δ, перпендикулярную к плоскости проекций $П_3$ (рис. 96, *а, б*).

Основные свойства проецирующих плоскостей:

1. *Проецирующая плоскость изображается прямой линией (следом-проекцией) на перпендикулярной к ней плоскости проекций.* Так, например, прямоугольник θ, лежащий в горизонтально проецирующей плоскости, изображается на плоскости $П_1$ в виде отрезка θ_1, наклоненного к осям проекций Ox и Oy (рис. 96, *в*).

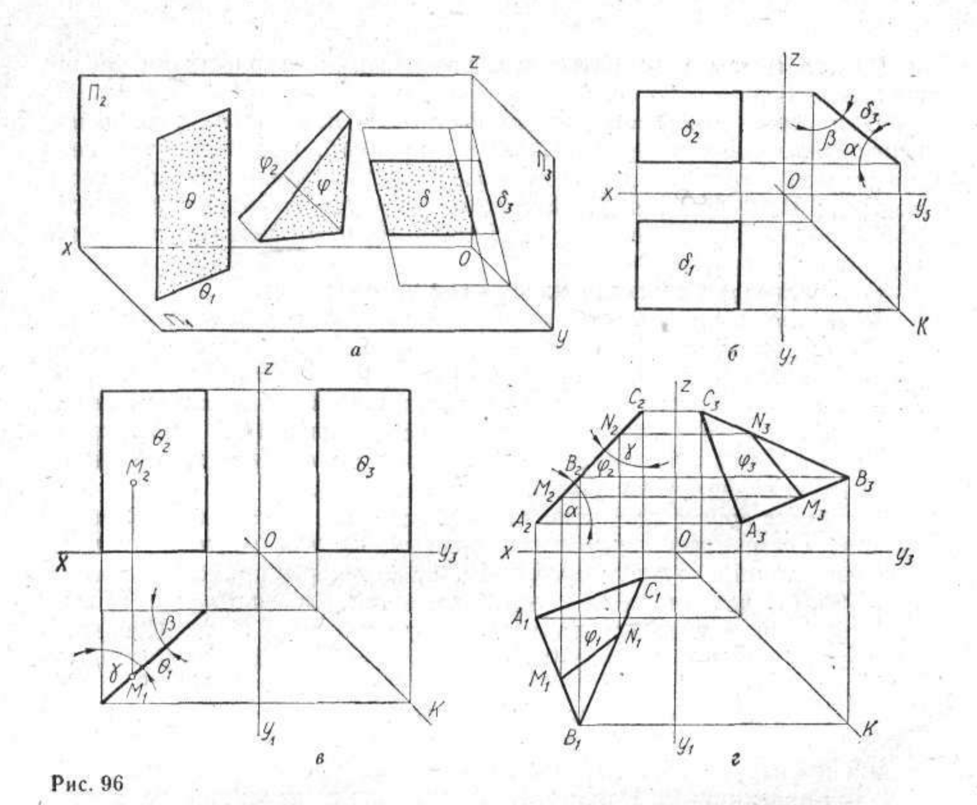


Рис. 96

2. *На двух других плоскостях проекций фигура, принадлежащая проецирующей плоскости, изображается искаженно.* Например, профильная проекция $A_3B_3C_3$ (рис. 96, *г*) треугольника ABC, находящегося в плоскости φ, не равна его натуральной величине.

3. *Каждая проецирующая плоскость параллельна одной из осей проекций.* Например, горизонтально проецирующая плоскость θ параллельна оси Oz (рис. 96, *в*), а фронтально проецирующая плоскость φ — оси Oy (рис. 96, *г*).

4. *Одна проекция фигуры, принадлежащей проецирующей плоскости, совпадает со следом-проекцией этой плоскости, обладающим собирательными свойствами.* На рис. 96, *в* точка M лежит в горизонтально проецирующей плоскости θ, так как ее горизонтальная проекция M_1 совпадает со следом θ_1. На рис. 96, *г* прямая MN принадлежит плоскости треугольника ABC, поскольку фронтальная проекция M_2N_2 совпадает со следом-проекцией φ_2.

5. *Проецирующую плоскость можно задать на чертеже одним лишь следом-проекцией.*

6. *По комплексному чертежу можно определить углы наклона проецирующей плоскости к плоскостям проекций.* Обозначим углы наклона заданной плоскости к плоскостям проекций Π_1, Π_2, Π_3 соответственно через α, β, γ. Из рис. 96, *в* видно, что угол между горизонтально проецирующей плоскостью θ и плоскостью проекций Π_2 измеряется линей-

ным углом β между следом-проекцией θ_1 и осью проекций Ox. Величина угла между этой же плоскостью и плоскостью проекций Π_3 измеряется линейным углом γ между следом θ_1 и осью Oy_1. Угол α для горизонтально проецирующей плоскости равен 90°.

Упражнение. Самостоятельно проанализируйте углы, образованные проецирующими плоскостями с плоскостями проекций на рис. 96, *г*.

10.3. Прямые и точки, принадлежащие плоскости. Главные линии плоскости

Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки, принадлежащие этой плоскости (рис. 97, *а*), *или через одну ее точку параллельно прямой, принадлежащей этой же плоскости* (рис. 97, *б*).

Из прямых, лежащих в плоскости, рассмотрим прямые общего положения, горизонтали и фронтали.

Прямая общего положения. Допустим, что в плоскости треугольника ABC нужно провести произвольную прямую DE (рис. 97, *в*). Построение можно начать с проведения любой из проекций прямой, например с фронтальной D_2E_2. Эта проекция пересекает стороны треугольника в точках D_2 и E_2. Проведя из этих точек вертикальные линии связи, определяют на горизонтальных проекциях соответствующих сторон треугольника проекции D_1 и E_1. Прямая D_1E_1 и будет горизонтальной проекцией искомой прямой.

На рис. 97, *г* построена прямая общего положения, принадлежащая плоскости, заданной следами. В этом случае используют следующее проекционное свойство: если прямая принадлежит плоскости, то следы прямой находятся на одноименных следах плоскости. Это условие в нашем примере удовлетворяется, так как горизонтальный след M прямой находится на горизонтальном следе σ_1 плоскости, а фронтальный след N — на фронтальном следе σ_2.

Необходимым и достаточным условием принадлежности прямой плоскости частного положения является то, что проекция прямой должна совпадать с одноименным следом-проекцией плоскости. Например, прямая AB (рис. 97, *д*) лежит в горизонтально проецирующей плоскости θ, так как ее проекция A_1B_1 совпадает со следом θ_1. Фронтальная проекция A_2B_2 может занимать произвольное положение.

Горизонталь плоскости. *Горизонталью плоскости называется горизонталь* (см. с. 82), *принадлежащая плоскости.* Построение горизонтали h плоскости θ, заданной пересекающимися прямыми a и b (рис. 98, *а*), начинают с проведения ее фронтальной проекции h_2, параллельной оси Ox. Эта проекция пересекает фронтальные проекции прямых a_2 и b_2 в точках C_2 и D_2. Проведя вертикальные линии связи, определяют горизонтальные проекции C_1 и D_1 и соединяют их между собой. Прямая h_1 (C_1D_1) — горизонтальная проекция горизонтали h.

В плоскости можно провести бесчисленное множество горизонталей, и все они будут параллельны между собой. На рис. 98, *а* через точку A проведена еще одна горизонталь h', причем $h'_1 \parallel h_1$, а $h'_2 \parallel h_2$.

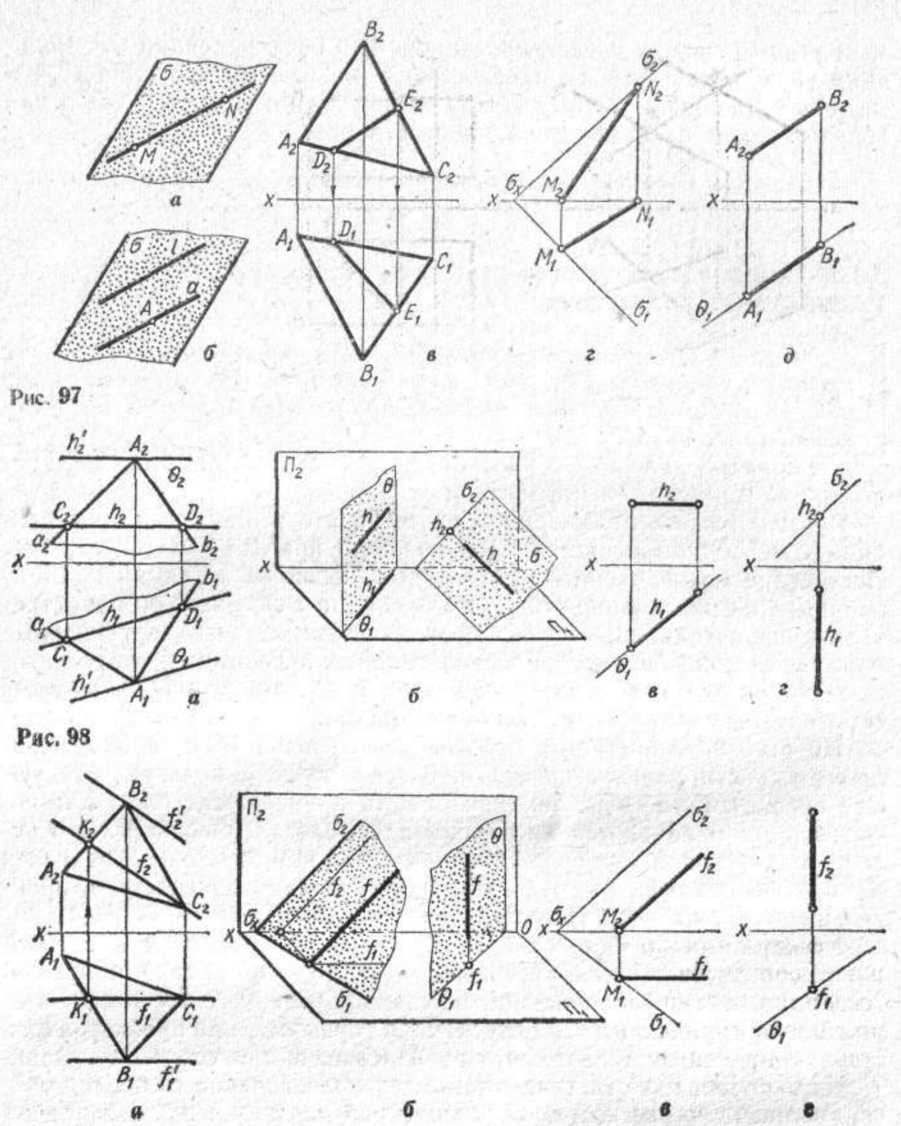


Рис. 97

Рис. 98

Рис. 99

На рис. 98, *б*, *в* показана горизонталь, принадлежащая горизонтально проецирующей плоскости θ, а на рис. 98, *б*, *г* — горизонталь, лежащая во фронтально проецирующей плоскости σ.

Фронталь плоскости. *Фронталью плоскости называется фронталь* (см. с. 82), *принадлежащая данной плоскости*. Построение фронтали f в плоскости треугольника ABC (рис. 99, *а*) начинают с проведения ее горизонтальной проекции f_1, параллельной оси Ox. Эта проекция пересекает горизонтальные проекции прямых A_1B_1 и B_1C_1 в точках K_1 и C_1. Проведя вертикальные линии связи, определяют фронтальные проек-

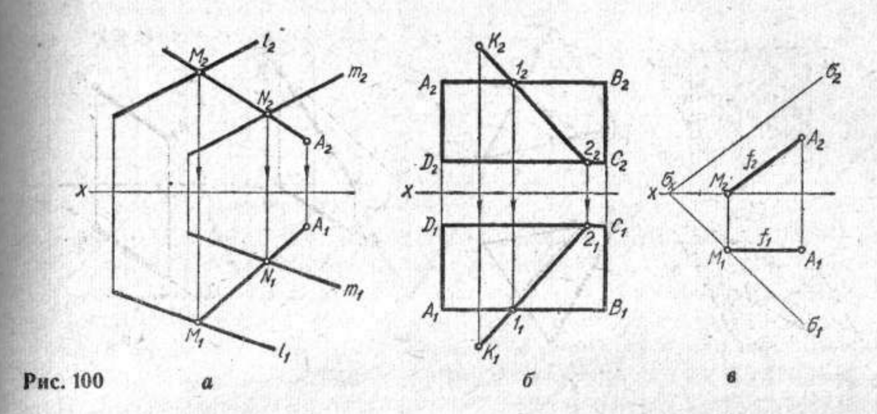


Рис. 100 *а* *б* *в*

ции K_2 и C_2 этих точек и соединяют их между собой. Прямая f_2 (K_2C_2) — фронтальная проекция фронтали f.

В плоскости можно провести бесчисленное множество фронталей, которые всегда будут параллельны между собой. На рис. 99, *а* через точку B проведена еще одна фронталь f', причем $f'_1 \parallel f_1$, а $f'_2 \parallel f_2$.

На рис. 99, *б*, *в* изображена фронталь, принадлежащая плоскости общего положения, заданной следами, а на рис. 99, *б*, *г* — фронталь, лежащая в горизонтально проецирующей плоскости θ.

Точка в плоскости. *Точка принадлежит плоскости, если она лежит на прямой, принадлежащей данной плоскости.* Следовательно, проекции точки, принадлежащей плоскости, находят при помощи предварительно проведенной прямой, лежащей в этой плоскости. На рис. 100, *а* плоскость задана параллельными прямыми l и m. Нужно определить горизонтальную проекцию A_1 точки A, лежащей в этой плоскости, если известна ее фронтальная проекция A_2. Для этого через проекцию A_2 точки A проводят фронтальную проекцию вспомогательной прямой, лежащей в плоскости. Отмечают точки M_2 и N_2 пересечения этой проекции с l_2, m_2 и с помощью вертикальных линий связи определяют горизонтальные проекции M_1 и N_1 этих точек. Соединяют найденные проекции точек и, проведя из проекции A_2 вертикальную линию связи до пересечения с M_1N_1, определяют горизонтальную проекцию A_1 точки A, принадлежащей плоскости.

На рис. 100, *б* определена горизонтальная проекция точки K, принадлежащей плоскости прямоугольника $ABCD$, если известна ее фронтальная проекция K_2. На рис. 100, *в* с помощью фронтали найдены проекции точки A, принадлежащей плоскости общего положения σ, заданной следами.

10.4. Проекции плоских фигур

Плоскими называются фигуры, все точки которых лежат в одной плоскости. Они подразделяются на прямолинейные (треугольники, четырехугольники и вообще любые многоугольники) и криволинейные (окружность, овал, эллипс и т. д.). Большинство плоских

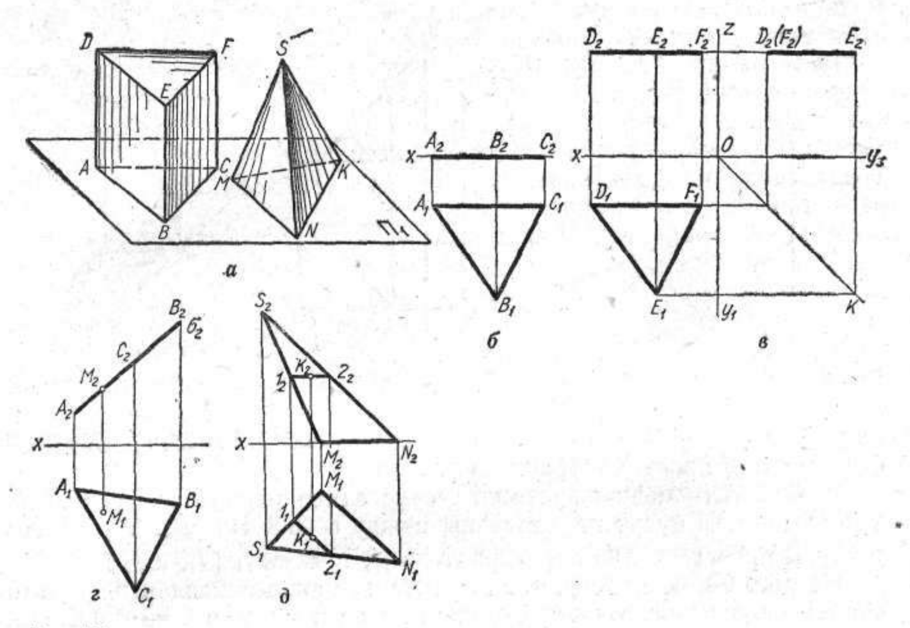


Рис. 101

Рис. 102

технических деталей имеют аналогичные контуры. Рассмотрим проецирование некоторых плоских фигур.

Треугольник. На рис. 101, *б* изображен треугольник, лежащий в горизонтальной плоскости проекций Π_1, а на рис. 101, *в* — треугольник, плоскость которого параллельна Π_1. В обоих случаях горизонтальная проекция равна действительной величине треугольника, а фронтальная и профильная проекции изображаются отрезками, параллельными осям проекций. Подобное расположение треугольников встречается в призмах, пирамидах и некоторых других фигурах (рис. 101,*а*). Треугольник, изображенный на рис. 101, *г*, расположен во фронтально проецирующей плоскости. На плоскость проекций Π_2 он проецируется отрезком $A_2C_2B_2$, наклоненным к оси Ox. Горизонтальная проекция $A_1B_1C_1$ искажена и не равна натуральной величине треугольника ABC. Точка M принадлежит плоскости треугольника, так как ее фронтальная проекция совпадает со следом-проекцией этой плоскости. На рис. 101, *д* изображены две проекции треугольника общего положения, например боковой грани пирамиды (рис. 101, *а*). Фронтальная проекция K_2 точки K, принадлежащей треугольнику, определена по известной горизонтальной проекции K_1 проведением вспомогательной прямой *1 — 2*.

Упражнение. Рассмотрите и поясните различные случаи расположения и проецирования прямоугольников (рис. 102, *б—д*), изображенных на рис. 102, *а*.

Четырехугольник. Если три точки, не лежащие на одной прямой, всегда определяют некоторую плоскость, то это никак нельзя утверждать относительно четырех или большего числа точек. В этих случаях нужно проверить, будет ли образованная фигура плоской.

На рис. 103, *а* проведены диагонали четырехугольника. Если горизонтальная и фронтальная проекции точек пересечения диагоналей расположены на общем перпендикуляре к оси Ox, то четырехугольник является плоским. В нашем случае это условие не удовлетворяется, так как точки M_2 и K_1 не лежат на общей линии связи, следовательно, точки A, B, C, D не принадлежат одной плоскости.

На рис. 103, *б* изображен другой способ проверки: противоположные стороны AD и BC четырехугольника продлены до взаимного пересечения в точках K_1 и K_2. Поскольку K_1 и K_2 находятся на общей вертикальной линии связи, то четырехугольник $ABCD$ — плоский.

На рис. 103, *в* полностью задана горизонтальная проекция $A_1B_1C_1D_1E_1$ пятиугольника и три точки A_2, B_2, C_2 его фронтальной проекции. Пользуясь рисунком, поясните, как с помощью диагоналей определены проекции D_2 и E_2 точек D и E.

Упражнение. Проанализируйте проецирование правильных шестиугольников (рис. 104, *б, в*), изображенных на рис. 104, *а*.

Круг. В зависимости от положения плоскости круга относительно плоскостей проекций он может проецироваться в виде окружности, эллипса или прямолинейного отрезка. На рис. 105, *а* изображены проекции круга, плоскость которого параллельна плоскости проекций Π_1.

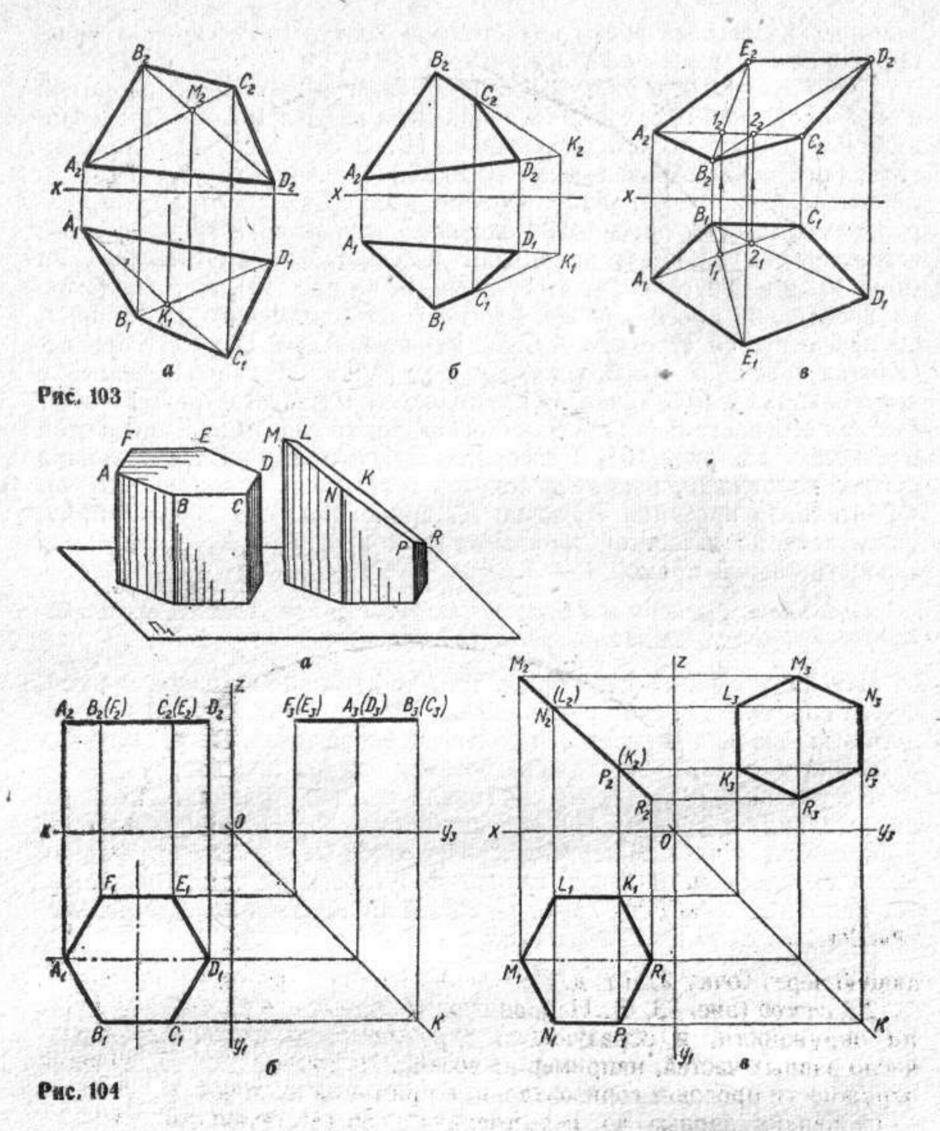


Рис. 103

Рис. 104

На рис. 105, *б* плоскость круга занимает фронтально проецирующее положение. На плоскости Π_2 круг изобразится отрезком A_2B_2, наклоненным к оси проекций Ox; величина A_2B_2 равна диаметру круга. На горизонтальную и профильную плоскости проекций круг проецируется в виде эллипсов. Большая ось эллипса на плоскости Π_1 параллельна оси Oy_1 и равна диаметру, т. е. $C_1D_1 = A_2B_2$. Малую ось A_1B_1 получают, проводя линии связи из точек A_2 и B_2. Направление малой оси параллельно оси проекций Ox, а ее величина зависит от угла наклона плоскости круга, т. е. от угла α.

По двум главным осям C_1D_1 и A_1B_1 способом, известным из геомет-

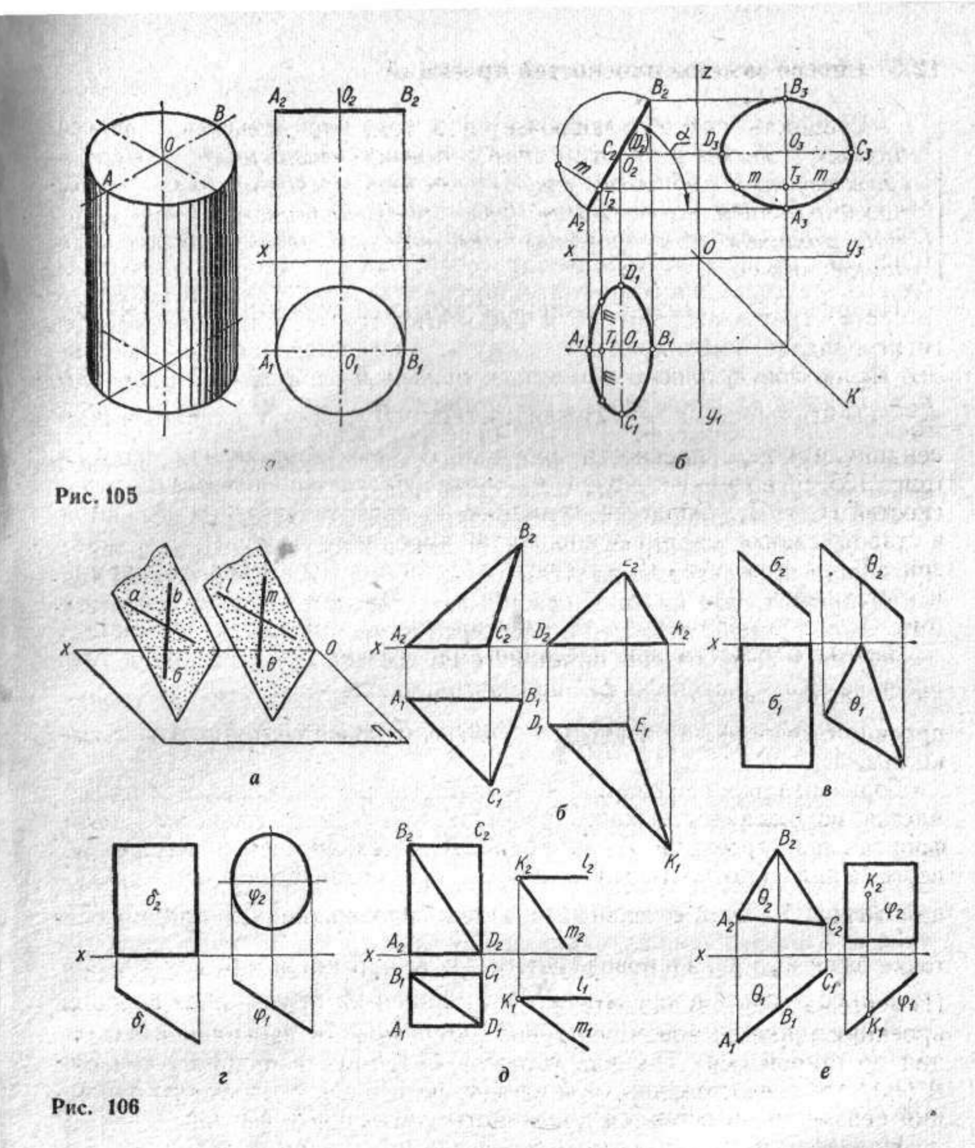


Рис. 105

Рис. 106

рического черчения, можно построить эллипс. На рис. 105, *б* показано, как можно определить промежуточные точки эллипса. Из точки O_2, как из центра, проводят вспомогательную полуокружность диаметра A_2B_2. Произвольная хорда этой полуокружности, перпендикулярная к A_2B_2, определяет величину отрезка, лежащего в плоскости круга и параллельного горизонтальной плоскости проекций. Поэтому, измеряя, например, величину хорды *m*, проведенной из произвольной точки T_2, откладывают ее в обе стороны от горизонтальной проекции T_1 параллельно большой оси эллипса C_1D_1. Построение эллипса на профильной плоскости проекций понятно из рис. 105, *б*.

10.5. Взаимное положение плоскостей

Две плоскости в пространстве могут быть параллельными, пересекаться и быть взаимно перпендикулярными.

Параллельные плоскости. *Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной из них соответственно параллельны двум пересекающимся прямым второй* (рис. 106, *а*). Треугольники ABC и DEK (рис. 106, *б*) параллельны между собой, так как стороны AB и AC одного треугольника соответственно параллельны сторонам DE и DK второго. Третьи стороны BC и EK у этих треугольников могут быть и не параллельными.

Плоскости частного положения параллельны в том случае, если параллельны их одноименные следы-проекции. На рис. 106, *в* изображены параллельные фронтально проецирующие плоскости σ и θ, а на рис. 106, *г* — горизонтально проецирующие плоскости δ и φ. Если параллельны между собой плоскости общего положения, заданные следами, то их одноименные следы также параллельны.

Чтобы через заданную точку K провести плоскость, параллельную плоскости прямоугольника $ABCD$ (рис. 106, *д*), достаточно через точку K провести две прямые, каждая из которых параллельна соответствующей прямой, лежащей в плоскости прямоугольника. На рисунке через точку K проведены прямые l и m, соответственно параллельные стороне BC и диагонали BD прямоугольника.

Упражнение. Поясните, как через точку K (рис. 106, *е*) проведена плоскость, параллельная треугольнику ABC.

Пересекающиеся плоскости. Две плоскости пересекаются по прямой, а положение прямой определяется либо двумя ее точками, либо одной точкой, если известно направление этой прямой. Рассмотрим случаи пересечения плоскостей, встречающиеся в практике черчения.

На рис. 107, *а*, *б* изображены два пересекающихся прямоугольника α и β. Эти прямоугольники (боковые грани призмы) занимают горизонтально проецирующее положение, т. е. положение, перпендикулярное к плоскости проекций Π_1. Линией их пересечения является прямая AB, также перпендикулярная к плоскости Π_1. На рис. 107, *а*, *в* горизонтальная плоскость γ пересекается с горизонтально проецирующей плоскостью α (верхнее основание призмы с боковой ее гранью). Плоскости пересекаются по прямой AC, проекции которой совпадают со следами-проекциями данных плоскостей, т. е. с α_1 и γ_2. На рис. 107, *г*, *д* изображено пересечение двух фронтально проецирующих плоскостей α и β. Линия их пересечения также будет фронтально проецирующей прямой.

Рассмотренный материал позволяет сделать следующие выводы:

а) *две плоскости, перпендикулярные к одной и той же плоскости проекций, пересекаются по прямой, перпендикулярной к той же плоскости проекций;*

б) *две плоскости, перпендикулярные к разным плоскостям проекций, пересекаются по прямой, проекции которой совпадают со следами-проекциями данных плоскостей.*

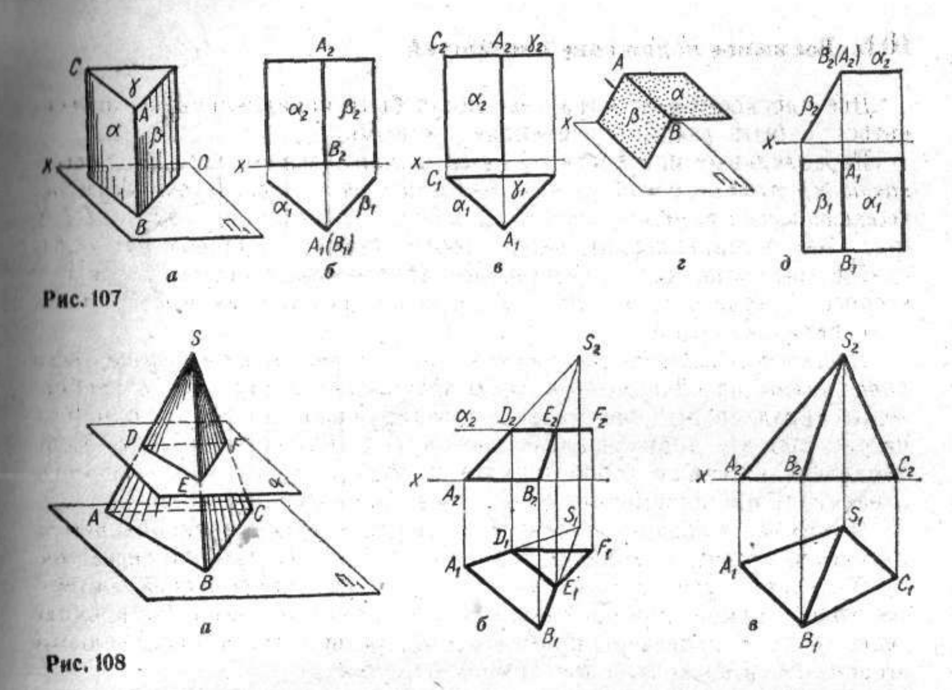


Рис. 107

Рис. 108

На рис. 108, *а*, *б* изображено пересечение горизонтальной плоскости уровня α с плоскостью общего положения — треугольником ABS. Фронтальная проекция E_2D_2 линии пересечения совпадает со следом α_2. Проводя из E_2 и D_2 вертикальные линии связи, определяют горизонтальную проекцию линии пересечения E_1D_1. Две плоскости общего положения, например боковые грани пирамиды (рис. 108, *а*), пересекаются также по прямой общего положения (рис. 108, *в*).

10.6. Прямая, параллельная плоскости. Пересечение прямой с плоскостью

Прямая может находиться в плоскости, быть ей параллельной, пересекаться с ней и быть перпендикулярной к плоскости.

Прямая, параллельная плоскости. *Если прямая параллельна какой-либо прямой, лежащей в плоскости, то она параллельна этой плоскости* (рис. 109, *а*). Если через точку нужно провести прямую, параллельную плоскости, то сначала в этой плоскости задаются некоторой прямой, а затем через точку проводят прямую, ей параллельную. На рис. 109, *б* через точки K и E проведены прямые, параллельные плоскости треугольника ABC. В первом случае прямая KL параллельна стороне AB треугольника ($K_1L_1 \parallel A_1B_1$; $K_2L_2 \parallel A_2B_2$), а во втором — прямая EF параллельна произвольной прямой MN, принадлежащей треугольнику. На рис. 109, *в*, *г* через точку K проведена прямая AB, параллельная горизонтально проецирующей плоскости α. В этом случае через K_1 проведена горизонтальная проекция A_1B_1 искомой прямой

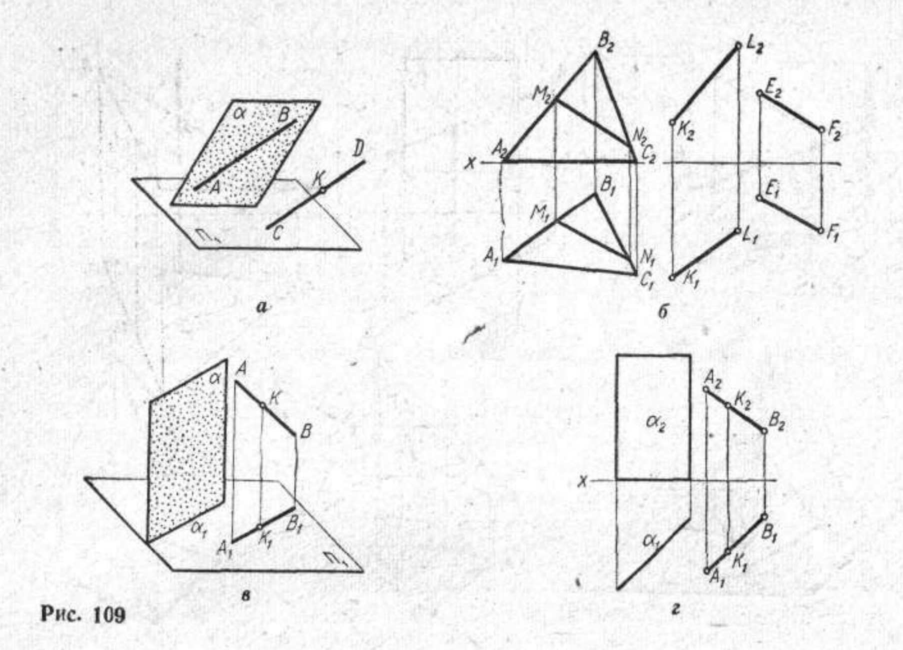


Рис. 109

параллельно следу-проекции α_1. Фронтальная проекция A_2B_2 пройдет через K_2 произвольно. Следовательно, *условие параллельности прямой и плоскости частного положения заключается в том, что проекция прямой должна быть параллельна одноименному следу-проекции плоскости.*

Прямая, пересекающая плоскость. Вначале рассмотрим пересечение прямой с плоскостью частного положения. На рис. 110, *а*, *б* прямая AB пересекает горизонтально проецирующую плоскость α. Горизонтальная проекция K_1 точки пересечения лежит на пересечении проекции A_1B_1 со следом-проекцией α_1 плоскости. Проводя из K_1 вертикальную линию связи до пересечения с проекцией A_2B_2, определяют фронтальную проекцию точки — K_2. Следовательно, *если прямая пересекает проецирующую плоскость, то соответствующая проекция точки пересечения находится на пересечении следа-проекции плоскости с одноименной проекцией прямой.*

На рис. 110, *в* проецирующая прямая l пересекает плоскость общего положения — треугольник ABC. Горизонтальная проекция K_1 точки пересечения совпадает с горизонтальной проекцией l_1 заданной прямой. Фронтальную проекцию K_2 точки пересечения определяют проведением в данной плоскости вспомогательной прямой AM.

На рис. 110, *г*, *д* прямая общего положения DE пересекается с плоскостью общего положения ABC. В этом случае задача решается по такому плану:

а) через заданную прямую DE проводят вспомогательную плоскость-посредник α (в нашем примере — фронтально проецирующую плоскость);

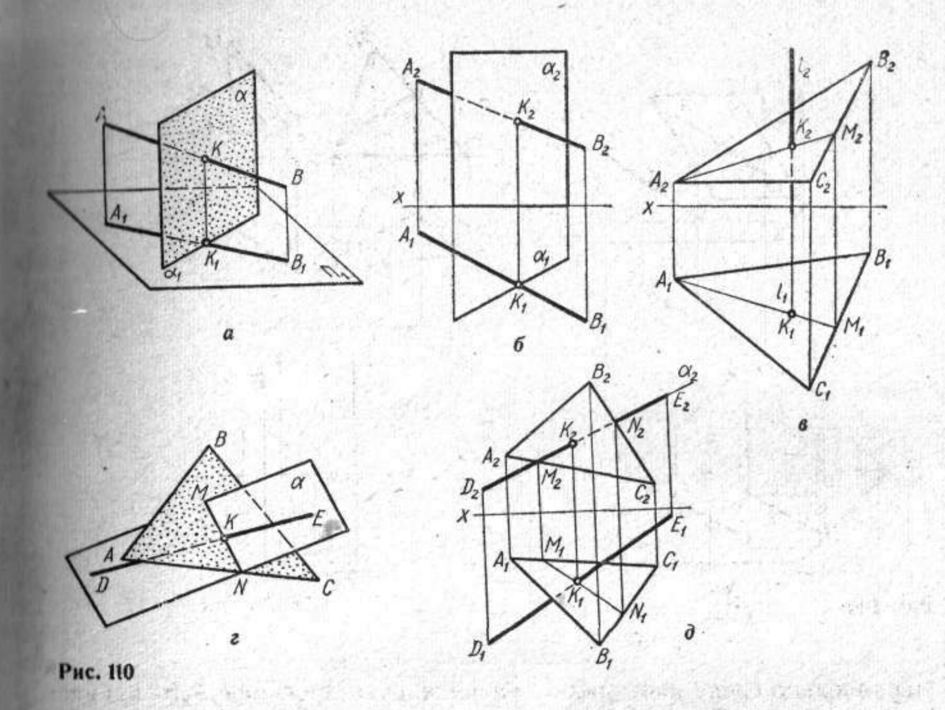


Рис. 110

б) определяют линию MN, по которой заданная плоскость ABC пересекается со вспомогательной проецирующей плоскостью α;

в) на взаимном пересечении полученной линии MN с заданной прямой DE находят точку встречи K.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение, выполненное на рис. 111, где треугольник пересекается с плоскостью прямоугольника.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие вы знаете способы задания плоскости на комплексном чертеже?
2. Что такое следы плоскости?
3. Какие плоскости называются плоскостями уровня? Укажите свойства этих плоскостей.
4. Какие плоскости называются проецирующими? Укажите свойства этих плоскостей.
5. Сформулируйте условие принадлежности прямой плоскости.
6. Какие прямые называют горизонталями плоскости? фронталями?
7. Постройте недостающую проекцию точки, принадлежащей плоскости (рис. 112, *а*).
8. Постройте недостающую проекцию прямой, принадлежащей плоскости (рис. 112, *б*).
9. Постройте линию пересечения плоскостей α и β (рис. 112, *в*).
10. Сформулируйте условие параллельности прямой и плоскости, двух плоскостей.
11. Проведите через точку K прямую, параллельную заданной плоскости (рис. 112, *г*).
12. Проведите через точку K плоскость, параллельную заданной (рис. 112, *г*).

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Проецирование плоскости». Правильность ответов проверьте на с. 441.

Рис. 111 а б

Рис. 112 а б в г

Карта программированного контроля по теме „Проецирование плоскости"

1. Как называется плоскость, изображенная на рис. 1?
2. Как называется плоскость, изображенная на рис. 2?
3. Какие из точек, изображенных на рис. 1 и 2, принадлежат треугольникам *ABC*?

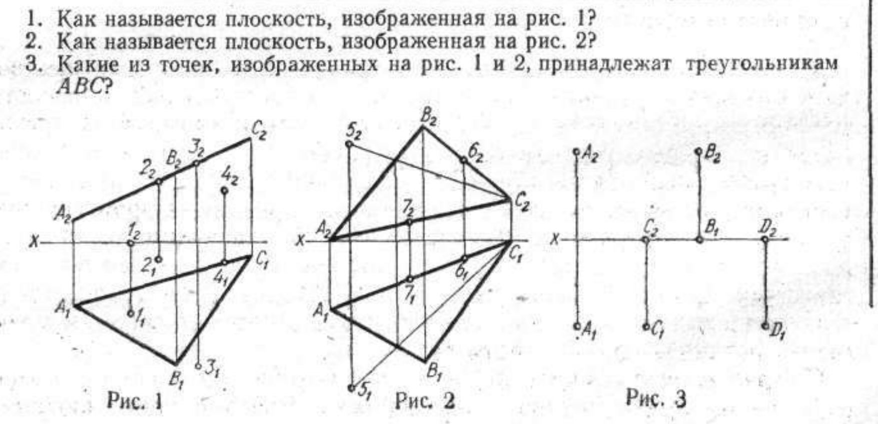
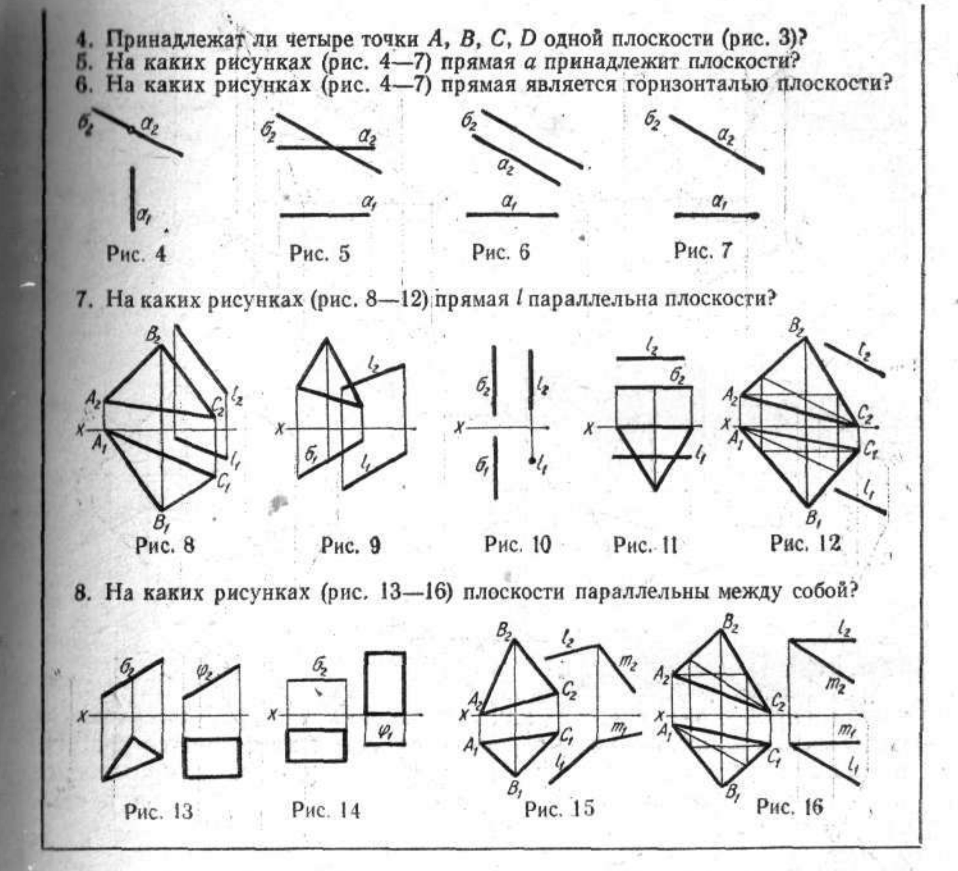


Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3



4. Принадлежат ли четыре точки *A*, *B*, *C*, *D* одной плоскости (рис. 3)?
5. На каких рисунках (рис. 4—7) прямая *a* принадлежит плоскости?
6. На каких рисунках (рис. 4—7) прямая является горизонталью плоскости?

Рис. 4 Рис. 5 Рис. 6 Рис. 7

7. На каких рисунках (рис. 8—12) прямая *l* параллельна плоскости?

Рис. 8 Рис. 9 Рис. 10 Рис. 11 Рис. 12

8. На каких рисунках (рис. 13—16) плоскости параллельны между собой?

Рис. 13 Рис. 14 Рис. 15 Рис. 16

§ 11. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР

11.1. Сущность и основные положения аксонометрического проецирования

Комплексные ортогональные проекции имеют то преимущество, что у них два измерения, параллельные соответствующей плоскости проекций, проецируются на эту плоскость без искажения, а третье измерение, перпендикулярное к ней, исчезает. Благодаря этому свойству комплексный чертеж строится достаточно просто и по нему легко определить размеры предмета и изготовить предмет на производстве. Однако такие изображения не имеют нужной наглядности, так как пространственный вид предмета условно заменяется комплексом ортогональных проекций, вследствие чего необходимо иметь достаточно развитое пространственное мышление, чтобы по этим проекциям представить истинную форму предмета.

По сравнению с комплексными, аксонометрические проекции имеют существенное преимущество — наглядность. Поэтому такие проекции

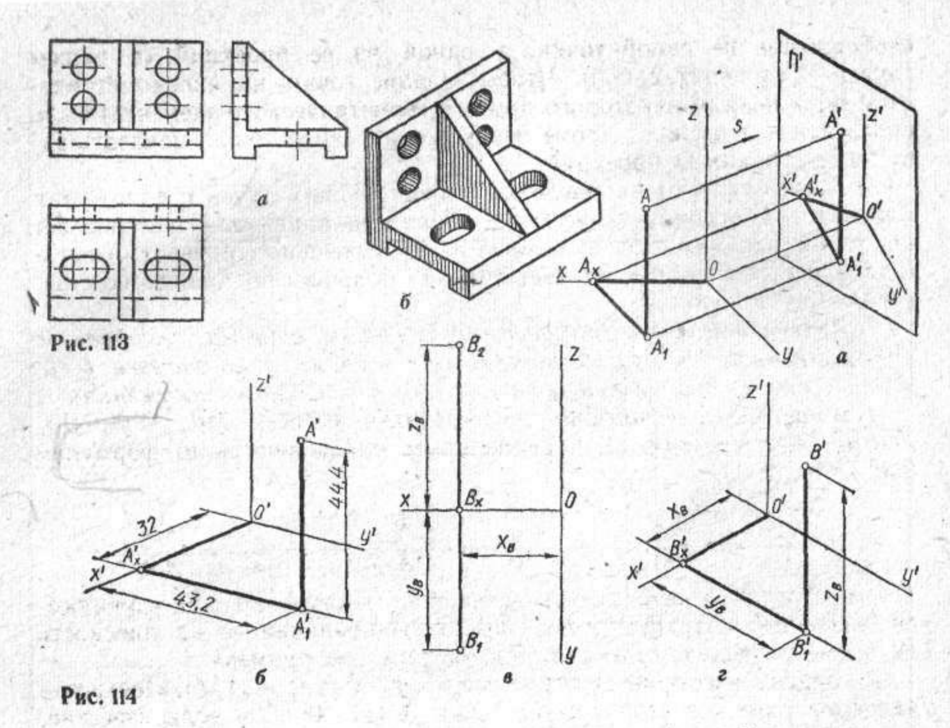


Рис. 113

Рис. 114

нашли широкое применение в науке, технике и в быту. Для сравнения наглядности комплексных и аксонометрических проекций на рис. 113 изображен чертеж кронштейна. По нему видно, что аксонометрическое изображение производит на нас такое же впечатление, как и сама деталь в натуре.

Слово «аксонометрия» означает «измерение по осям».

Сущность аксонометрического проецирования заключается в том, что предмет относят к системе координатных осей и проецируют его вместе с координатными осями на произвольно выбранную плоскость аксонометрических проекций.

На рис. 114, *а* точка A — вершина некоторого предмета — отнесена к координатным осям $Oxyz$ и вместе с ними спроецирована на плоскость П′. На плоскости П′ получают оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, являющиеся изображением координатных осей, и точку A'— аксонометрическое изображение точки A.

Рассмотрим некоторые новые термины, относящиеся к аксонометрическим проекциям.

Плоскость П′, на которой строится аксонометрическая проекция, называется *плоскостью аксонометрических проекций*. Оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, полученные проецированием координатных осей, называются *аксонометрическими осями*. Точка O' — *начало аксонометрических осей*, s — *направление аксонометрического проецирования*. Точка A' — *аксонометрическая проекция точки A*, а точка A'_1 — *вторичная проекция точки A*. Вторичной проекцией принято называть аксонометрическое

изображение не самой точки, а одной из ее проекций (в нашем случае — горизонтальной). Чтобы задание точки на аксонометрическом чертеже (или некоторого другого геометрического элемента) было определенным, нужно, кроме изображения самой точки, показать одну из ее вторичных проекций.

В зависимости от направления проецирующих лучей и положения плоскости Π' аксонометрическое изображение оригинала претерпевает некоторое искажение, т. е. каждое из трех основных измерений предмета в аксонометрии будет меньшим или бóльшим по сравнению с натуральной величиной.

Отношение аксонометрической величины отрезка, взятого по определенной оси или ей параллельно, к длине этого отрезка в натуре называется коэффициентом или показателем искажения.

Коэффициенты искажения по направлениям осей $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ или по направлениям, им параллельным, определяются по формулам (рис. 114, *а*)

$$p = \frac{x'}{x} = \frac{O'A'_x}{OA_x}; \quad q = \frac{y'}{y} = \frac{A'_xA'_1}{A_xA_1}; \quad r = \frac{z'}{z} = \frac{A'_1A'}{A_1A}.$$

Таким образом, коэффициенты искажения показывают, как изменяются значения координат точки при проецировании ее на плоскость аксонометрических проекций. Рассмотрим два примера:

1. Заданы аксонометрические оси x', y', z' (рис. 114, *б*). Построить аксонометрическое изображение точки A (40, 48, 60), если известно, что показатели искажения $p = 0{,}8$; $q = 0{,}9$; $r = 0{,}74$.

Определяют значения аксонометрических координат точки A: $x' = px = 0{,}8 \cdot 40 = 32$ *мм*; $y' = qy = 0{,}9 \cdot 48 = 43{,}2$ *мм*; $z' = rz = 0{,}74 \cdot 60 = 44{,}4$ *мм*. На оси x' от точки O' откладывают отрезок $O'A'_x = 32$ *мм* и из его конца проводят прямую, параллельную оси $O'y'$, на которой откладывают аксонометрическую координату y'. Получают точку A'_1 — вторичную проекцию точки A. Из этой точки проводят прямую, параллельную оси $O'z'$, на которой откладывают отрезок $A'_1A' = 44{,}4$ *мм*. Точка A' — аксонометрическая проекция точки A.

2. Точка B задана на комплексном чертеже двумя своими проекциями (рис. 114, *в*). Нужно построить аксонометрическое изображение этой точки на осях, расположенных друг к другу под углом 120° (рис. 114, *г*), если показатели искажения $p = q = r = 1$.

Последовательность построения та же, что и в предыдущем примере, но в этом случае аксонометрические координаты равны натуральным координатам точки на комплексном чертеже. Построение понятно из чертежа.

При построении аксонометрических проекций проецирующие лучи могут быть направлены перпендикулярно или с наклоном к плоскости аксонометрических проекций. Аксонометрические проекции, получаемые в первом случае, называются *прямоугольными*, во втором — *косоугольными*. Если все три показателя искажения равны между собой, то такая аксонометрия называется *изометрической*, или *изометрией*.

Если равны между собой только два показателя искажения, а третий им не равен, то аксонометрия называется *диметрической*, или *диметрией*. Наконец, если все три показателя искажения отличны друг от друга, то полученная аксонометрия называется *триметрией*. ГОСТ 2.317—69 предусматривает следующие стандартизованные аксонометрические проекции: прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольная фронтальная диметрия и косоугольные фронтальная и горизонтальная изометрии.

11.2. Прямоугольная изометрия

Прямоугольную изометрию, или, сокращенно, изометрию, широко применяют в практике технического черчения. В прямоугольной изометрической проекции (рис. 115, *а*) аксонометрические оси $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ образуют друг с другом углы 120°, а показатели искажения по всем трем осям одинаковы и равны 0,82. Ось $O'z'$ располагают вертикально, а оси $O'x'$ и $O'y'$ — под углом 30° к горизонтальному направлению. На рис. 115, *б—г* показаны различные приемы построения осей изометрии: на рис. 115, *б* построение произведено при помощи угольника с углами 30, 60 и 90°; на рис. 115, *в* — при помощи циркуля; на рис. 115, *г* показано, как строить изометрические оси на клетчатой бумаге.

Чтобы построить изображение предмета в изометрии, нужно все линейные размеры его, параллельные осям, умножить на показатель искажения 0,82, а затем уже откладывать их на аксонометрическом чертеже. Полученное изображение называется *нормальным*, или *точным*. Однако стандарт предусматривает построение и упрощенной изометрии, когда по осям x', y', z' и параллельно им откладывают натуральные размеры предмета. При этом получается несколько увеличенное изображение без нарушения пропорциональности отдельных частей предмета. Подобное изображение принято называть *увеличенным*. Коэффициент увеличения для изометрии равен $\frac{1}{0,82} \approx 1,22$ раза. На рис. 115, *д* изометрия детали построена по натуральным размерам, а на рис. 115, *е* — с учетом показателя искажения 0,82. Сравнение показывает, что оба изображения совершенно одинаковы по структуре и наглядности и отличаются только величиной изображения.

Все дальнейшие построения выполнены в практической, или стандартной, изометрии — по натуральным размерам, как это предусмотрено ГОСТом.

Построение изометрических проекций многоугольников. Так как плоские фигуры имеют два измерения, то для их построения в аксонометрической проекции используют две оси, выбираемые в зависимости от того, какой из плоскостей проекций параллельна заданная фигура. При параллельности плоскости Π_1 используют оси x и y, при параллельности плоскости Π_2 — оси x и z, при параллельности плоскости Π_3 — оси y и z.

Рассмотрим построение в изометрии прямоугольника $ABCD$, лежащего в горизонтальной плоскости. Координатные оси совмещают

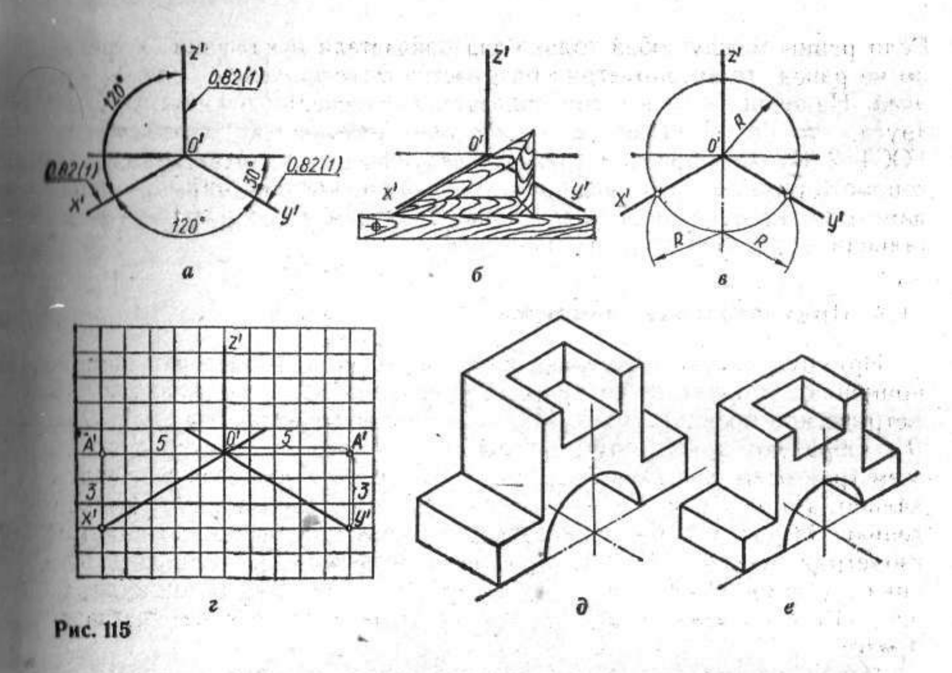


Рис. 115

со сторонами прямоугольника AB и BC (рис. 116, *а*). Строят оси $O'x'$ и $O'y'$ прямоугольной изометрии и откладывают от точки O' отрезки, равные размерам сторон прямоугольника ($A'B' = AB = b$; $B'C' = BC = a$). Из полученных точек A' и C' проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям, до их взаимного пересечения в точке D'. Параллелограмм $A'B'C'D'$ является изометрической проекцией прямоугольника $ABCD$. На рис. 116, *б* изображена изометрия прямоугольника $ABCD$, расположенного параллельно плоскости проекций Π_2.

Упражнение 1. Самостоятельно постройте изометрическую проекцию прямоугольника, расположенного параллельно плоскости проекций Π_3.

Упражнение 2. Поясните построение в изометрии треугольника, расположенного параллельно различным плоскостям проекций (рис. 116, *в—д*). Обратите внимание на расположение координатных осей.

Если плоская фигура имеет две взаимно перпендикулярные оси симметрии, то целесообразно принять их за координатные оси. Рассмотрим построение в изометрии правильного шестиугольника, расположенного параллельно плоскости Π_2 (рис. 117, *а*, *б*). Проводят оси $O'x'$ и $O'z'$ и откладывают по оси $O'x'$ влево и вправо от точки O' отрезки $O'A' = OA$ и $O'D' = OD$. По оси $O'z'$ вверх и вниз от точки O' откладывают отрезки $O'1' = O - 1$ и $O'2' = O - 2$. Через полученные точки $1'$ и $2'$ проводят прямые, параллельные оси $O'x'$, и на них откладывают в обе стороны от точек $1'$ и $2'$ отрезки, равные половине величины стороны шестиугольника, т. е. $1'B' = 1B = \frac{25}{2}$ *мм*, и т. д. Соединяя полученные вершины шестиугольника, получают его

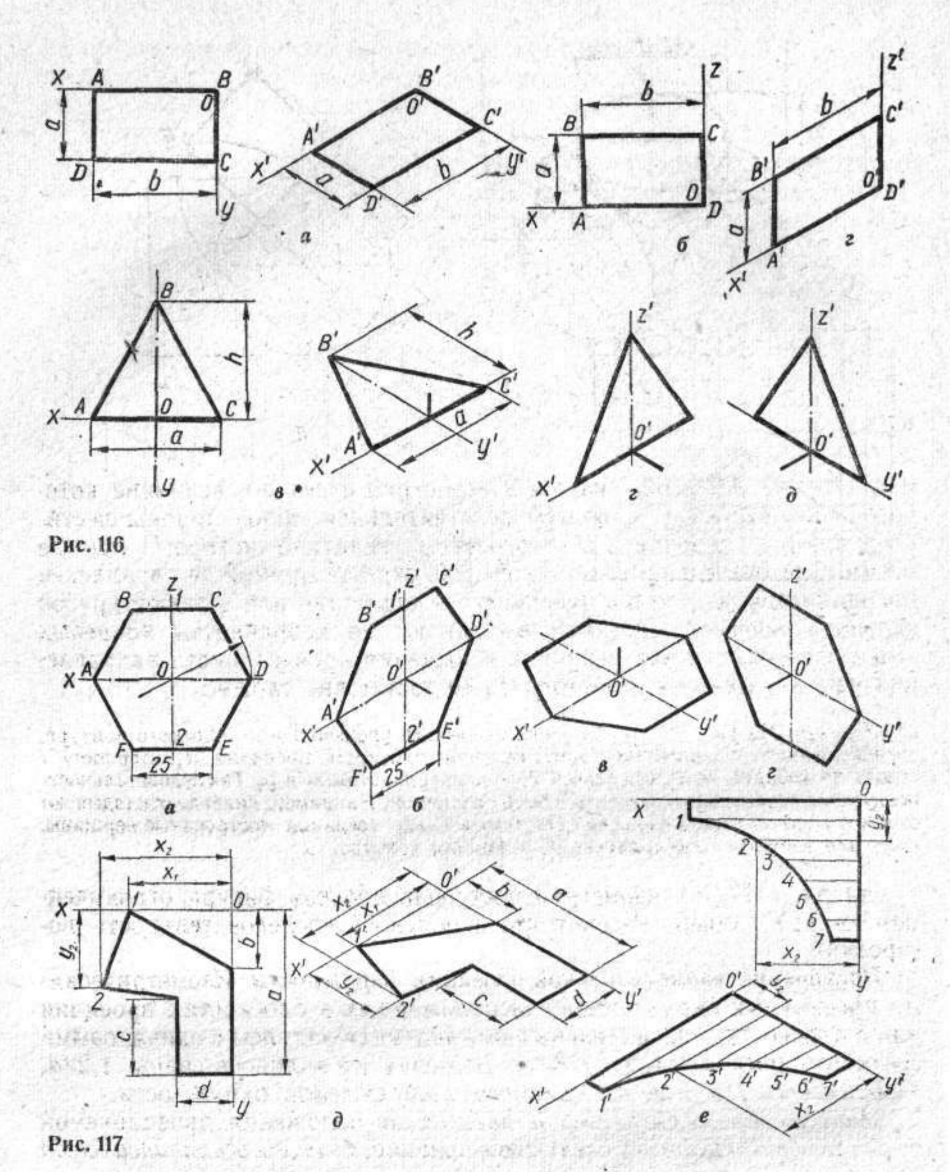


Рис. 116

Рис. 117

изометрическую проекцию $A'B'C'D'E'F'$. На рис. 117, *в* изображен в изометрии шестиугольник, расположенный параллельно плоскости проекций Π_1, а на рис. 117, *г* — шестиугольник, параллельный плоскости Π_3. Обратите внимание на то, что в изометрии, как и на комплексном чертеже, противоположные стороны шестиугольника параллельны между собой, т. е. $A'B' \parallel E'D'$; $A'F' \parallel C'D'$;... Если это условие соблюдается, то построение выполнено правильно.

Из рис. 117, *б* видно, что стороны шестиугольника, не параллельные координатным осям, имеют различную степень искажения. Напри-

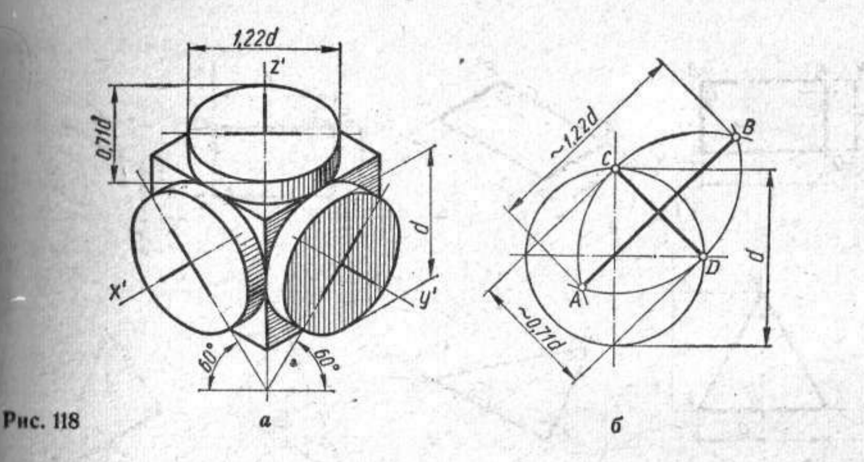


Рис. 118 *а* *б*

мер, сторона AB изображается в изометрии отрезком, величина которого больше 25 *мм*, т. е. больше действительной длины стороны шестиугольника, а сторона CD — отрезком, величина которого меньше 25 *мм*. Следовательно, если какой-либо отрезок прямой не параллелен координатной оси, то построение его в изометрии или в любой другой аксонометрической проекции выполняют по координатам концевых точек отрезка, так как величина искажения произвольного направления нам не известна и определить ее достаточно сложно.

Пример. На рис. 117, *д* построена изометрия произвольного плоского контура, расположенного параллельно горизонтальной плоскости проекции Π_1. Вершину *1* строят по координате x_1, а вершину *2* — по координатам x_2 и y_2. Последовательность построения остальных точек может быть различной. Например, вначале откладывают отрезок *a*, потом отрезки *b*, *c* и *d*. Последовательно соединяя построенные вершины, получают изометрическую проекцию заданного контура.

На рис. 117, *е* в изометрии построена плоская фигура, ограниченная кривой линией. Рассмотрите и поясните последовательность построения.

Построение изометрической проекции окружности. Изометрическими проекциями окружностей, расположенных в плоскостях проекций или в плоскостях, параллельных им, являются эллипсы с одинаковыми соотношениями осей (рис. 118, *а*). Большие оси эллипсов равны $1{,}22d$, а малые — $0{,}71d$, где d — диаметр изображаемой окружности.

Направление осей эллипсов зависит от положения проецируемой окружности. Существует следующее правило: *большая ось эллипса всегда перпендикулярна к той аксонометрической оси, которой нет в плоскости заданной окружности, а малая ось совпадает с направлением этой оси*. Например, окружность, лежащая в горизонтальной плоскости проекций, в изометрии проецируется в эллипс, большая ось которого перпендикулярна к оси $O'z'$, а малая совпадает с направлением этой оси. Это правило действительно для всех видов прямоугольной аксонометрии.

Величина осей эллипса может быть вычислена по указанным соотношениям или определена графически. Способ графического определения

Рис. 119

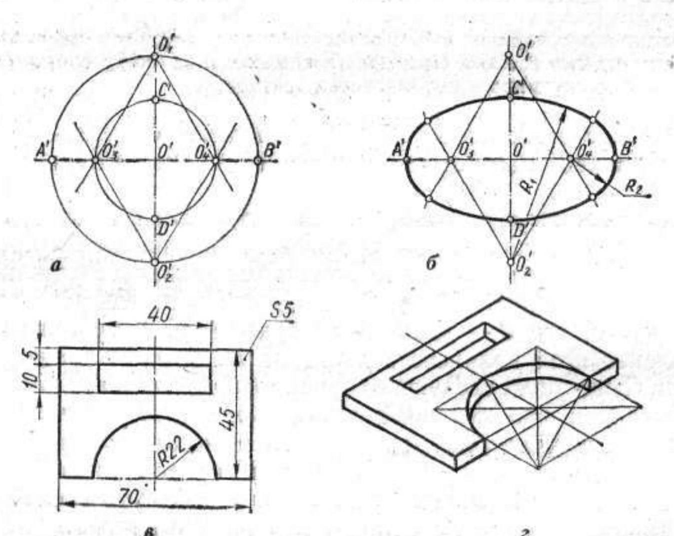


Рис. 120

осей эллипса в изометрии в зависимости от диаметра d проецируемой окружности дан на рис. 118, *б*. Построение понятно из чертежа. На практике принято заменять эллипсы в изометрии овалами, что значительно упрощает построение.

Рассмотрим два способа построения четырехцентрового овала, приближенно заменяющего изометрическую проекцию окружности, расположенной в плоскости проекций или ей параллельной. Допустим, что требуется построить изометрическую проекцию окружности диаметром 60 *мм*, расположенную в плоскости проекций Π_1.

1-й способ (рис. 119, *а—в*). Проводят изометрические оси $O'x'$ и $O'y'$ и откладывают на них в обе стороны от точки O' отрезки, равные радиусу заданной окружности, т. е. 30 *мм*. Через найденные точки $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям, и получают ромб $A'B'C'D'$, представляющий собой изометрию квадрата, описанного вокруг окружности. Вершины ромба A' и C', лежащие на короткой диагонали, являются центрами больших дуг овала. Соединяют лучами точку A' с точками $2'$ и $3'$ и в пересечении с большой диагональю $B'D'$ ромба получают еще два центра дуг овала — O_1' и O_2'. Из центров A' и C' проводят дуги радиусом $R_1 = A'2'$, а из центров O_1' и O_2' — малые дуги радиусом $R_2 = O_2'3'$. На рис. 119, *г* этим же способом построена изометрическая проекция окружности, лежащей в плоскости проекций Π_2, а на рис. 119, *д* — изометрическая проекция окружности, лежащей в плоскости Π_3.

2-й способ. Определяют размеры большой и малой осей эллипса:

$$A'B' = 1{,}22d = 1{,}22 \cdot 60 = 73{,}2\ мм;\quad C'D' = 0{,}7d = 0{,}7 \cdot 60 = 42\ мм.$$

Через точку O' — начало аксонометрических осей — проводят две взаимно перпендикулярные прямые (рис. 120, *а*, *б*). Из точки O', как из центра, проводят окружности, диаметры которых соответственно равны большой и малой осям эллипса, т. е. $1{,}22d$ и $0{,}71d$. На вертикальном диаметре большой окружности отмечают центры O_1' и O_2', а на горизонтальном диаметре малой — центры O_3' и O_4'. Эти точки являются центрами сопряжения дуг овала. Проводят прямые $O_1'O_3'$; $O_1'O_4'$; $O_2'O_3'$; $O_2'O_4'$, на которых расположены точки сопряжения дуг овала. Две дуги радиуса $R_1 = O_2'C'$ описывают из центров O_1' и O_2', а две другие радиуса $R_2 = O_4'B'$ — из центров O_3' и O_4'.

Упражнение. Поясните построение в изометрии пластинки, изображенной на рис. 120, *в*, *г*.

11.3. Прямоугольная диметрия

Прямоугольной диметрией называется аксонометрическая проекция с равными показателями искажения по двум осям.

По ГОСТ 2.317—69 применяют прямоугольную диметрию (рис. 121, *а*), у которой ось $O'z'$ расположена вертикально, ось $O'x'$ наклонена под углом 7°10′, а ось $O'y'$ — под углом 41°25′ к линии горизонта. Показатели искажения по осям x' и z' равны 0,94, а по

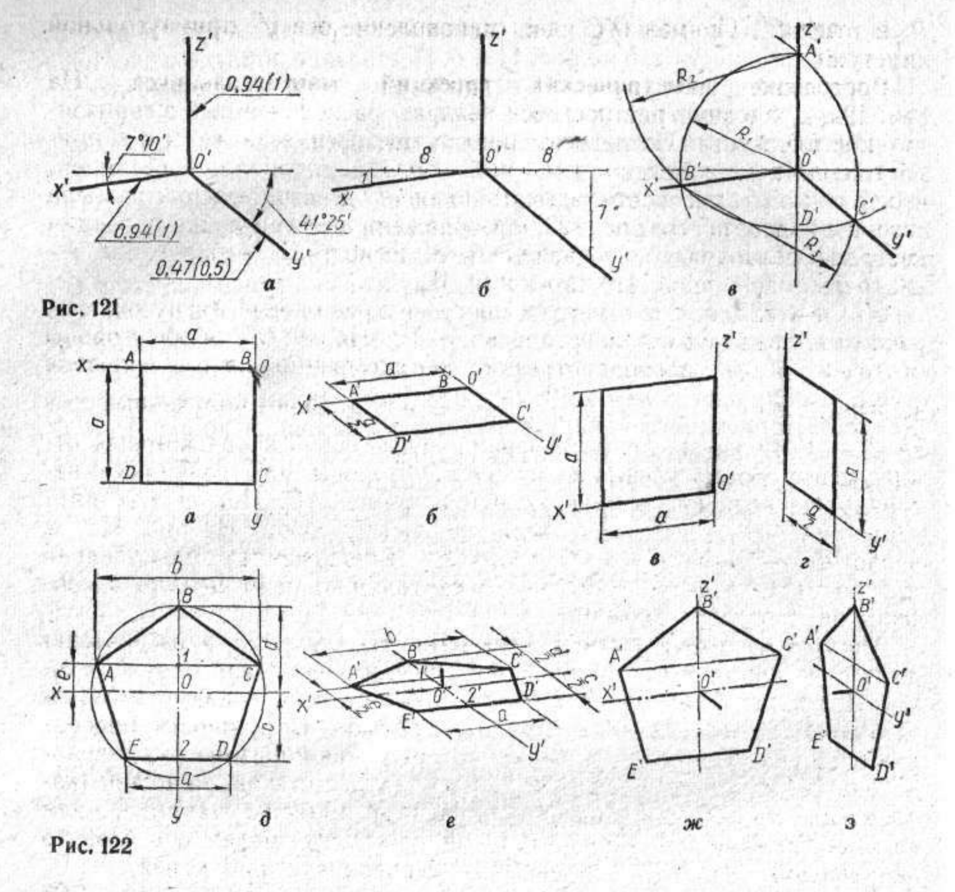


Рис. 121

Рис. 122

оси y' — 0,47. Но на практике применяют увеличенную диметрию с показателями $p = r = 1$ и $q = 0{,}5$, т. е. по осям x' и z' или по направлениям, им параллельным, откладывают действительные размеры, а по оси y' размеры уменьшают в два раза ($q = 0{,}5$).

Для построения осей диметрии применяют два способа:

1-й способ (рис. 121, *б*). На горизонтальной прямой, проходящей через точку O', откладывают в обе стороны от O' восемь равных произвольных отрезков. Из конечных точек этих отрезков вниз по вертикали откладывают слева один такой же отрезок, а справа — семь. Полученные точки соединяют с точкой O' и получают направления аксонометрических осей $O'x'$ и $O'y'$.

2-й способ (рис. 121, *в*). На вертикальной прямой вниз от точки O' откладывают отрезок произвольной длины ($O'D'$), а вверх — два таких же отрезка ($O'A' = 2O'D'$). Из точки O', как из центра, проводят дугу окружности радиусом $R_1 = O'A'$ до пересечения в точке B' с дугой, проведенной из центра A' радиусом $R_2 = A'D'$. Прямая $O'B'$ — направление аксонометрической оси x'. Третью дугу радиусом $R_3 = B'A'$ проводят из центра B' до пересечения с дугой радиуса

R_2 в точке C'. Прямая $O'C'$ даст направление оси y' прямоугольной диметрии.

Построение диметрических проекций многоугольников. На рис. 122, *а*, *б* в диметрии построен квадрат, расположенный в горизонтальной плоскости. Последовательность построения та же, что и прямоугольника в изометрии (см. рис. 116, *а*), с той лишь разницей, что по оси $O'y'$ следует откладывать половину действительного размера стороны квадрата. На рис. 122, *в* изображена диметрическая проекция квадрата, расположенного параллельно плоскости Π_2, а на рис. 122, *г* — квадрата, параллельного плоскости Π_3.

На рис. 122, *д*, *е* в диметрии построен правильный пятиугольник, расположенный параллельно плоскости Π_1. На оси $O'y'$ в обе стороны от точки O' откладывают отрезки, соответственно равные половине величин c, d и e, т. е. $O'2' = \frac{O-2}{2} = \frac{c}{2}$ и т. д. Через полученные точки $2'$ и $1'$ проводят прямые, параллельные оси $O'x'$, на которых откладывают соответственно величину ED стороны пятиугольника и натуральную величину вспомогательной прямой AC. Полученные пять вершин A', B', C', D', E' соединяют между собой. На рис. 122, *ж* изображен в диметрии пятиугольник, расположенный параллельно плоскости Π_2, а на рис. 122, *з* — пятиугольник, размещенный в профильной плоскости проекций.

Построение окружности в диметрии. На рис. 123, *а* изображена диметрическая проекция куба с вписанными в его грани окружностями. Передняя и задняя грани куба проецируются в виде ромбов, а остальные грани — в виде параллелограммов. Окружности проецируются в виде эллипсов, малые оси которых, как и в изометрии, параллельны осям, отсутствующим в плоскостях данных окружностей (направление малых осей указано утолщенной линией). Например, для эллипса, лежащего в горизонтальной плоскости, малая ось идет по направлению оси $O'z'$, а большая — перпендикулярно к ней.

Длина большой оси для всех эллипсов одинакова и равна 1,06 диаметра изображаемой окружности (1,06d). Величина малой оси различна: для передней и задней граней куба, т. е. для фронтальной плоскости проекций, величина малой оси равна 0,9 длины большой оси, или 0,95 диаметра окружности (0,95d); для верхней и левой граней куба и для плоскостей, параллельных им, величина малой оси равна 1/3 большой оси, т. е. 0,35 диаметра окружности (0,35d). На рис. 123, *г* построен график, с помощью которого можно определить размеры большой и малой осей эллипса для произвольного диаметра окружности. Самостоятельно рассмотрите и поясните способ использования этого графика.

На практике эллипсы заменяют четырехцентровыми овалами. Рассмотрим построение овала, заменяющего проекцию окружности, лежащей в плоскостях Π_1 или Π_3 (рис. 123, *б*, *в*). Через точку O' — начало аксонометрических осей — проводят две взаимно перпендикулярные прямые и откладывают на горизонтальной прямой величину большой оси $A'B' = 1{,}06d$, а на вертикальной — величину малой оси $C'D' = 0{,}35d$. Вверх и вниз от точки O' по вертикали откладывают

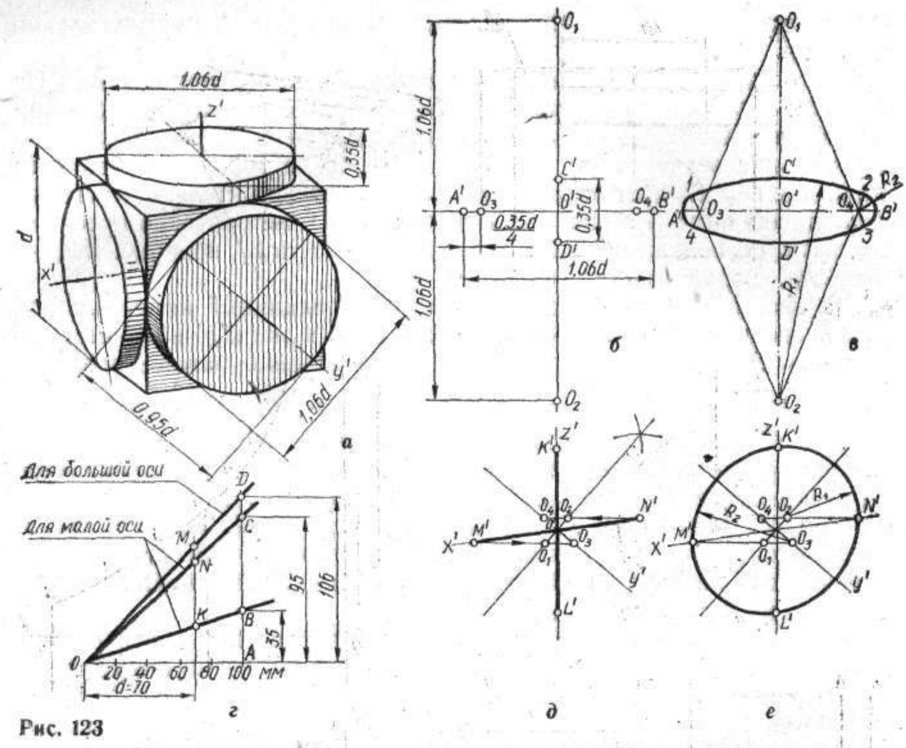


Рис. 123

отрезки $O'O_1$ и $O'O_2$, равные по величине большой оси эллипса, т. е. $O'O_1 = O'O_2 = A'B' = 1{,}06d$.

Точки O_1 и O_2 являются центрами больших дуг овала. Для определения еще двух центров (O_3 и O_4) откладывают на горизонтальной прямой от точек A' и B' отрезки O_3A' и O_4B', равные 1/4 величины малой оси, т. е. равные $\frac{C'D'}{4}$. Из точки O_2, как из центра, радиусом R_1, равным отрезку O_2C', проводят дугу овала до пересечения в точках *1* и *2* с линиями центров O_2O_3 и O_2O_4. Точки *1* и *2* — точки сопряжения дуг овала. Аналогично этому проводят дугу из центра O_1. Из центров O_3 и O_4 проводят замыкающие дуги овала радиусом $R_2 = O_3A' = O_4B'$.

На рис. 123, *д*, *е* показано построение овала, заменяющего эллипс, в который проецируется окружность, расположенная в плоскости Π_2. Проводят оси диметрии $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ и из точки O' восставляют перпендикуляр к оси $O'y'$ (малая ось эллипса совпадает с направлением оси $O'y'$, а большая — перпендикулярна к ней). На осях $O'x'$ и $O'z'$ откладывают величину радиуса заданной окружности, т. е. $O'M' = O'N' = O'K' = O'L' = \frac{d}{2}$, и получают точки M', N', K', L', являющиеся точками сопряжения дуг овала. Из точек M' и N' проводят горизонтальные прямые, которые в пересечении с осью $O'y'$ и перпендикуляром к ней дают точки O_1, O_2, O_3, O_4— центры дуг овала. Из

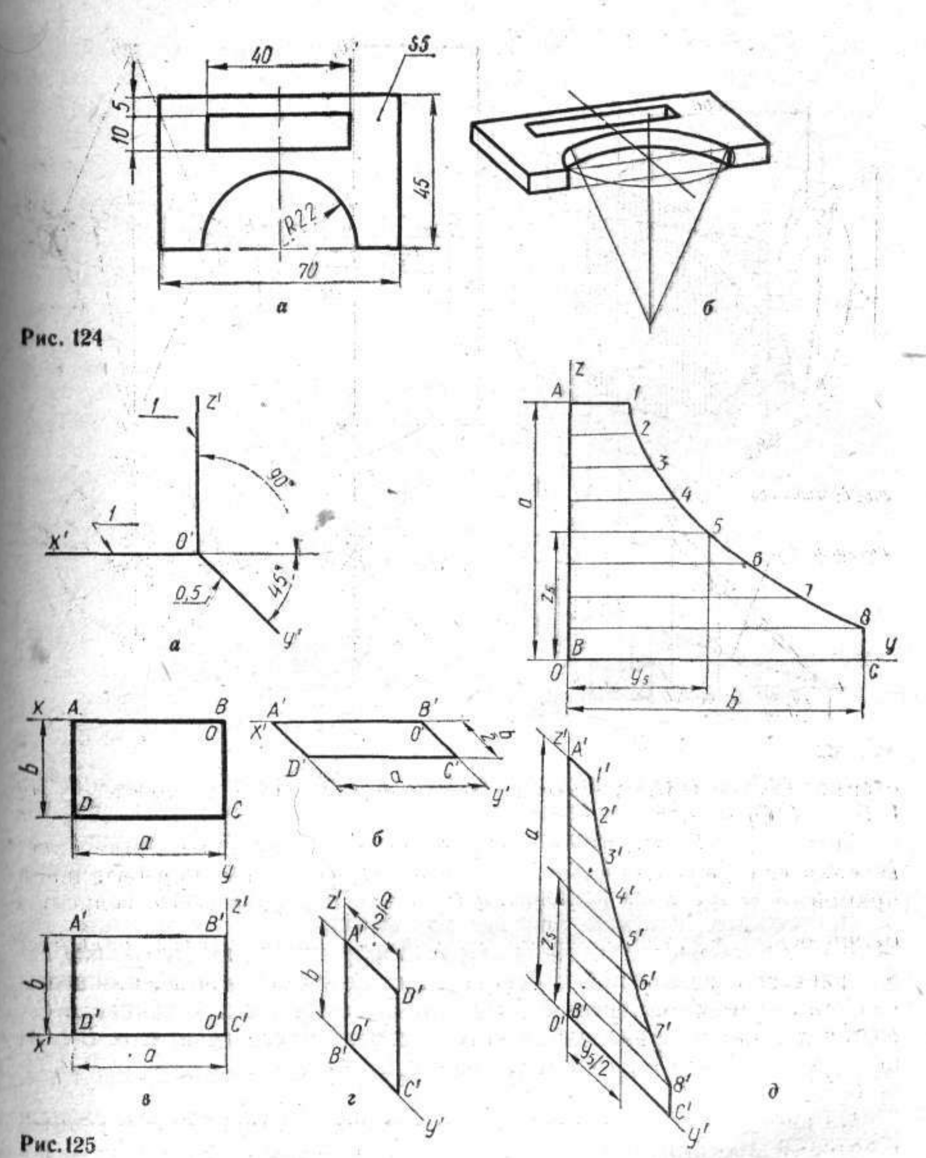


Рис. 125

центров O_3 и O_4 описывают дуги радиусом $R_2 = O_3M'$, а из центров O_1 и O_2 — дуги радиусом $R_1 = O_2N'$.

Упражнение. На рис. 124, *а, б* в прямоугольной диметрии изображена пластинка. Объясните произведенное построение и сравните этот рисунок с рис. 120, *в, г.*

11.4. Косоугольная фронтальная диметрия

Косоугольная фронтальная диметрия (сокращенно — фронтальная диметрия) характеризуется (рис. 125, *а*) вертикальным расположением оси $O'z'$ и горизонтальным — оси $O'x'$, ось $O'y'$ наклонена

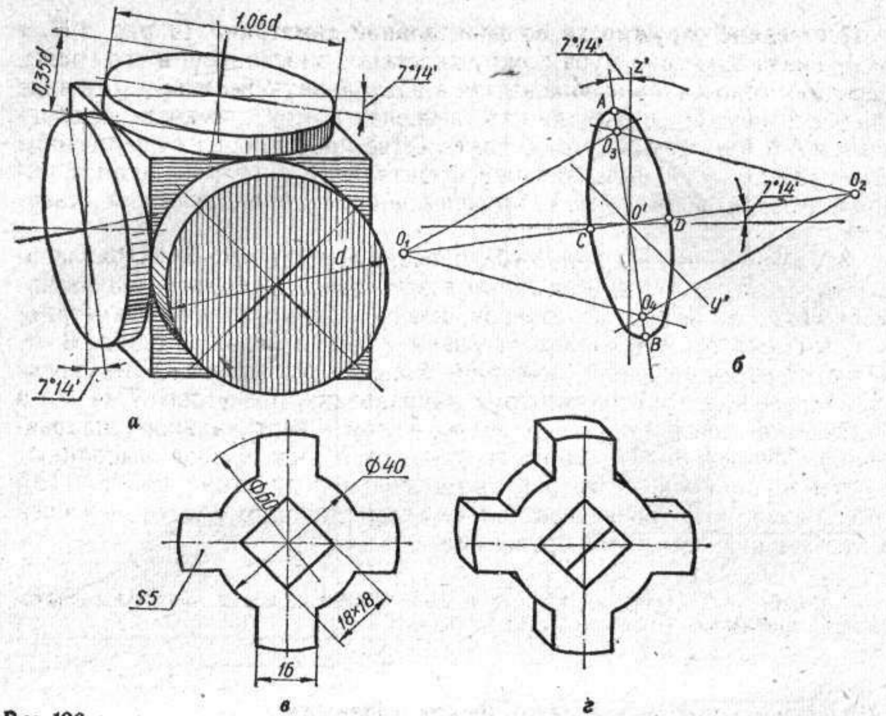


Рис. 126

к горизонтальной оси под углом 45°. Коэффициенты искажения по осям $O'x'$ и $O'z'$ равны единице ($p = r = 1$), а по оси $O'y'$ коэффициент $q = 0{,}5$. Следовательно, все плоские фигуры, размещенные параллельно фронтальной плоскости проекций, изображаются во фронтальной диметрии без искажения размеров и углов.

Построение плоских фигур во фронтальной диметрии. На рис. 125, *б* во фронтальной диметрии изображен прямоугольник, лежащий в горизонтальной плоскости. Размер стороны $A'B'$, совпадающей с осью $O'x'$, остается неизмененным, а величина стороны $B'C'$, совпадающей с направлением оси $O'y'$, сокращается вдвое, т. е. $B'C' = \frac{b}{2}$. На рис. 125, *в* во фронтальной диметрии изображен прямоугольник, параллельный плоскости Π_2, а на рис. 125, *г* — параллельный плоскости Π_3.

На рис. 125, *д* построено изображение во фронтальной диметрии плоской фигуры, размещенной параллельно профильной плоскости проекций. Эта фигура с правой стороны ограничена произвольной кривой *1 — 8*. Отрезки AB и $A'B'$ делят на некоторое число равных частей, например на восемь, и из точек деления проводят прямые, параллельные оси $O'y'$. На этих прямых откладывают отрезки, равные половине значений координат y точек *1*, *2*, *3*, ... (на рисунке обозначены координаты точки *5*). Полученные точки *1'*, *2'*, *3'*, ... соединяют плавной кривой.

Построение окружности во фронтальной диметрии. На рис. 126, *а* изображена диметрия куба с окружностями, вписанными в его грани. Передняя грань куба изображается в натуральную величину — в виде квадрата, поэтому и окружность, лежащая в этой плоскости, изображается без искажения. Это обстоятельство представляет существенное преимущество при вычерчивании фронтальной диметрии деталей цилиндрической формы или с большим числом цилиндрических отверстий.

Верхняя и левая грани куба проецируются в форме параллелограммов. Окружности, вписанные в эти грани, изображаются эллипсами такой же формы и размеров, как и в прямоугольной диметрии, т. е. большая ось этих эллипсов равна 1,06*d*, а малая — 0,35*d*. В отличие от прямоугольной диметрии, большая ось эллипса в плоскости $П_1$ наклонена к горизонтальному направлению под углом 7°14′, а в профильной плоскости — под тем же углом к вертикальному направлению. Упрощенное построение эллипсов в виде овалов выполняют по тем же правилам, что и в прямоугольной диметрии (см. с. 113). На рис. 126, *б* построена фронтальная диметрия окружности, лежащей в профильной плоскости проекций.

Упражнение. Поясните построение во фронтальной диметрии пластинки, размещенной параллельно плоскости $П_2$ (рис. 126, *в*, *г*).

11.5. Косоугольные изометрические проекции

По ГОСТ 2.317—69, кроме фронтальной диметрии, применяют еще косоугольные изометрические проекции.

Фронтальная косоугольная изометрическая проекция. Направление аксонометрических осей показано на рис. 127, *а*. Разрешается применять фронтальную изометрию с углами наклона оси y' в 30 или 60°. Все три показателя искажения по осям x', y' и z' равны единице.

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, изображаются в косоугольной фронтальной изометрии в натуральную величину, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям $П_1$ и $П_3$, проецируются в эллипсы (рис. 127, *в*). Большая ось эллипса *2* наклонена к горизонту, а эллипса *3* — к вертикали под углами 22°30′. Большие оси этих эллипсов равны 1,3*d*, а малые — 0,54*d*, где *d* — диаметр изображаемой окружности. Эллипсы заменяют овалами, которые вычерчивают по двум известным осям способом, изложенным на с. 55.

Горизонтальная косоугольная изометрическая проекция. Направление аксонометрических осей изображено на рис. 127, *б*. Разрешается применять горизонтальную изометрию с углами наклона оси y' к горизонтальному направлению в 45 и 60°, сохраняя угол 90° между осями x' и y'. Коэффициенты искажения по всем трем осям равны единице.

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, изображаются в аксонометрии без

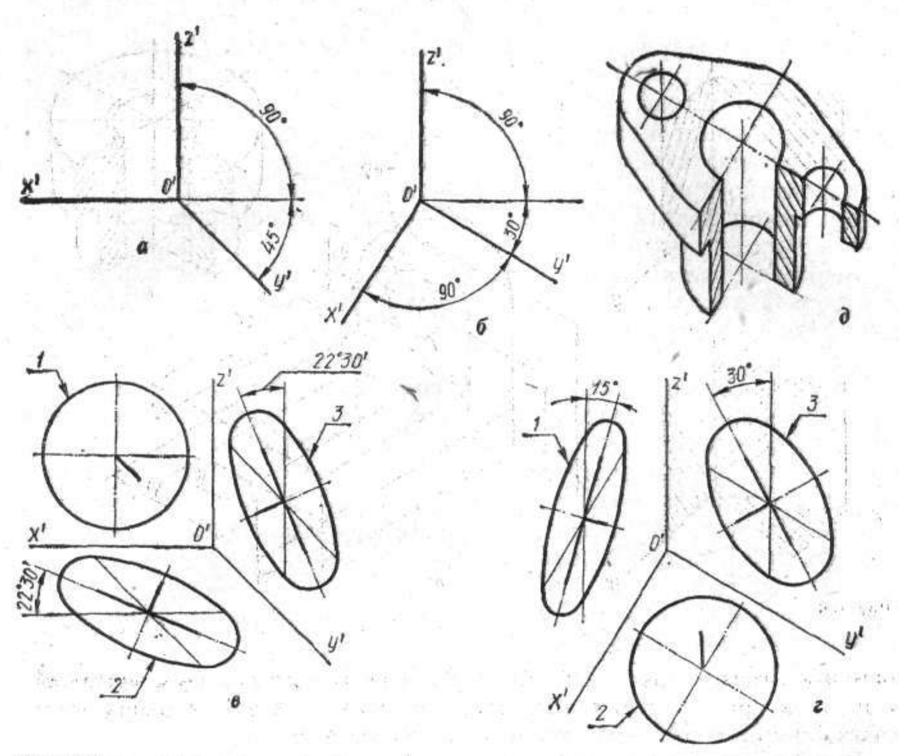


Рис. 127

искажения, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных Π_2 и Π_3, проецируются эллипсами. Большая ось эллипса *1* (рис. 127, *г*) наклонена к вертикали под углом 15°, а эллипса *3* — под углом 30°. Величина большой оси эллипса *1* равна 1,37*d*, а малой — 0,37*d*; величина большой оси эллипса *3* равна 1,22*d*, а малой — 0,71*d*. Сопряженные диаметры эллипсов, т. е. диаметры, параллельные аксонометрическим осям, во всех случаях равны *d*. Построение эллипса *3* выполняют по правилам построения проекций окружностей в прямоугольной изометрии (см. с. 109), а эллипс *1* строят как овал по двум заданным осям.

На рис. 127, *д* дан пример технической детали, выполненной в косоугольной горизонтальной изометрии.

11.6. Условности и нанесение размеров в аксонометрии

Линии штриховки разрезов и сечений в аксонометрических проекциях выполняют параллельно одной из диагоналей квадратов, стороны которых расположены в соответствующих координатных плоскостях параллельно аксонометрическим осям (рис. 128, *а*).

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, а размерные линии — параллельно изме-

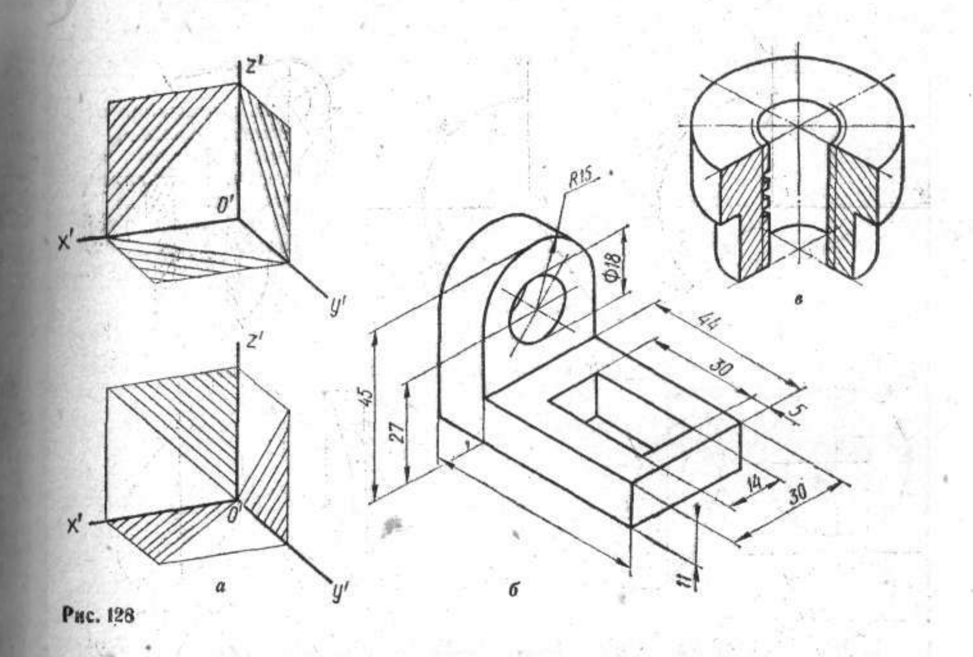


Рис. 128

ряемому отрезку (рис. 128, *б*). В отличие от комплексных чертежей, в аксонометрии заштриховывают в разрезах и сечениях ребра жесткости, спицы маховиков, колес и подобные элементы.

Резьбу в аксонометрических проекциях изображают по ГОСТ 2.311—68. Если необходимо, частично изображают профиль резьбы (рис. 128, *в*).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем преимущество аксонометрических проекций перед комплексными?
2. В чем сущность аксонометрического проецирования?
3. Что называется показателями искажения?
4. Как классифицируют аксонометрические проекции?
5. Как строить оси прямоугольной изометрии и чему равны показатели искажения по аксонометрическим осям?
6. Как строить оси прямоугольной диметрии и чему равны показатели искажения по аксонометрическим осям?
7. Как строить окружность в изометрии, если плоскость окружности параллельна плоскости проекций $П_2$? плоскости $П_1$? плоскости $П_3$?
8. Как строить окружность в прямоугольной диметрии, если плоскость окружности параллельна плоскости проекций $П_1$? плоскости $П_2$? плоскости $П_3$?
9. Как строить окружность во фронтальной диметрии при различном ее положении по отношению к плоскостям проекций?
10. Как строить окружность во фронтальной косоугольной изометрии? в горизонтальной косоугольной изометрии?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме *«Аксонометрические проекции плоских фигур»*. Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Аксонометрические проекции плоских фигур"

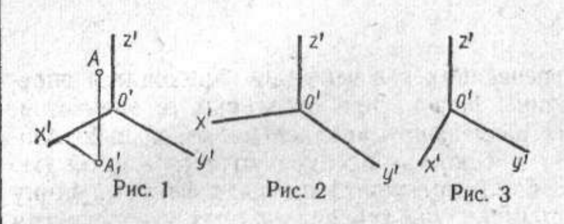
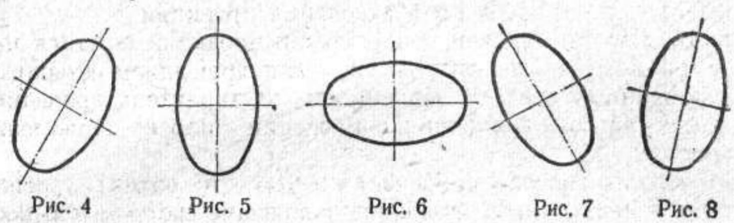
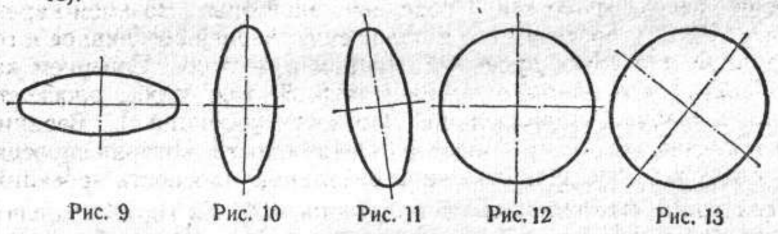


Рис. 1 Рис. 2 Рис. 3

1. Как называются аксонометрические проекции, оси которых изображены на рис. 1, 2 и 3?
2. Чему равны показатели искажения для аксонометрии, изображенной на рис. 2?
3. Как называется проекция A_1' (рис. 1)?
4. В чем разница между прямоугольными и косоугольными аксонометрическими проекциями?


Рис. 4 Рис. 5 Рис. 6 Рис. 7 Рис. 8

5. На каких рисунках (рис. 4—8) правильно изображены проекции окружностей в изометрии и каким плоскостям проекций они отвечают?
6. Объясните, что означают числа 1,06*d* и 0,95*d*.
7. На каких рисунках правильно изображены проекции окружностей в прямоугольной диметрии и каким плоскостям проекций они отвечают (рис. 9—13)?


Рис. 9 Рис. 10 Рис. 11 Рис. 12 Рис. 13

8. В какой аксонометрии изображен цилиндр на рис. 14, если высота цилиндра равна его диаметру?
9. Какие из размеров на рис. 15 нанесены неправильно?
10. Правильно ли выполнена штриховка в прямоугольной диметрии (рис. 16)?

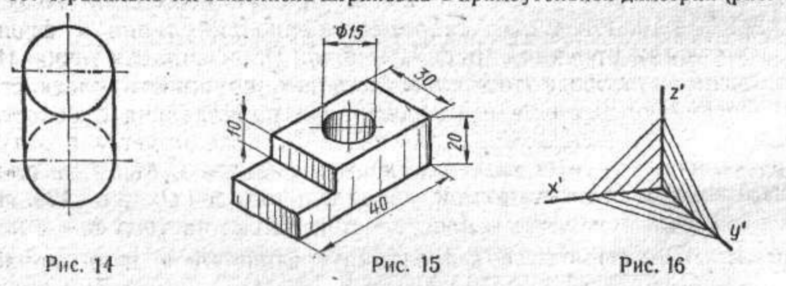


Рис. 14 Рис. 15 Рис. 16

§ 12. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЛОСКИХ ФИГУР

12.1. Общие положения

Во многих задачах, встречающихся в черчении, приходится определять натуральную величину фигуры или отдельных ее элементов. Известно, что если фигура размещена параллельно какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость она проецируется в истинную величину и можно по проекции определить площадь фигуры, длину ее сторон, углы между ребрами, углы наклона прямых к плоскостям проекций и др. Возникает необходимость в создании таких приемов, которые позволили бы переводить фигуры из общего по отношению к плоскостям проекций положения в частные. С этой целью в черчении используют два способа преобразования проекций.

При первом способе положение плоскостей проекций остается неизменным, а новые проекции фигуры получают вращением ее вокруг специально выбранных осей. В зависимости от характера вращения различают такие способы: вращения, совмещения и плоско-параллельного перемещения.

Сущность второго способа заключается в том, что объект проецирования остается неизменным, изменяют положение системы плоскостей проекций. Этот способ называют способом замены плоскостей проекций.

12.2. Способ вращения

Теория способа вращения. Проделаем такой опыт. Возьмем карандаш (рис. 129, *а*) и поставим его в положение, перпендикулярное к горизонтальной плоскости проекций, например к столу. Повернем карандаш вокруг его нижнего конца (точки B) так, чтобы плоскость вращения оставалась параллельной плоскости проекций Π_2. Верхний конец карандаша (точка A) опишет дугу окружности, которая спроецируется в натуральную величину на фронтальную плоскость проекций. После вращения карандаш займет положение $B\overline{A}$. На горизонтальной плоскости проекций точка B_1 останется на месте, а точка A_1 переместится в положение $\overline{A}_1$, причем движение проекции происходит параллельно оси Ox.

Аналогичный опыт можно поставить, вращая небольшое колесо вокруг оси, расположенной, например, перпендикулярно к фронтальной плоскости проекций (рис. 129, *б*, *в*). Произвольная точка M, зафиксированная на ободе этого колеса, опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна к оси вращения и параллельна плоскости проекций Π_2. Путь точки M на плоскость Π_2 проецируется в натуральную величину, т. е. в виде окружности радиуса C_2M_2, а на плоскость Π_1 — в виде отрезка прямой, параллельного оси Ox (рис. 129, *в*). Если же точку M повернуть в пространстве только на угол φ — в положение $\overline{M}$, то ее фронтальная проекция повернется по дуге окружности на тот же угол φ, а горизонтальная пройдет путь $M_1\overline{M}_1$.

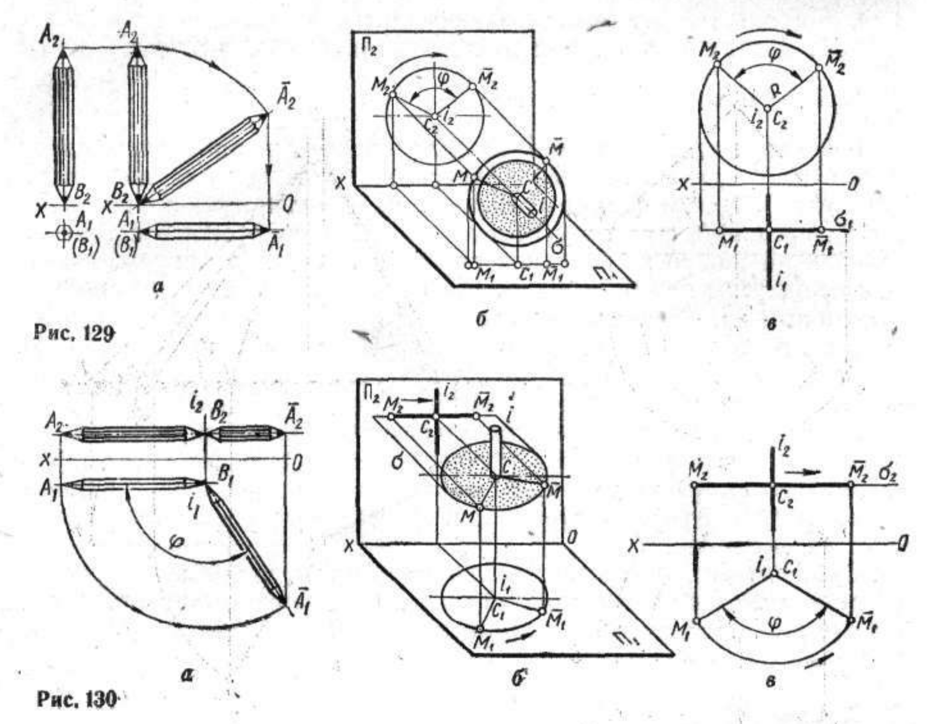


Рис. 129

Рис. 130

Итак, *если точка вращается вокруг оси, перпендикулярной к одной из плоскостей проекций, то на этой плоскости проекция точки перемещается по дуге окружности, а на остальных — по прямым, параллельным осям проекций.*

Упражнение. Сформулируйте правило вращения точки вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 (рис. 130).

Решая задачу способом вращения, нужно отметить на чертеже следующие основные элементы вращения (рис. 129, *в*):

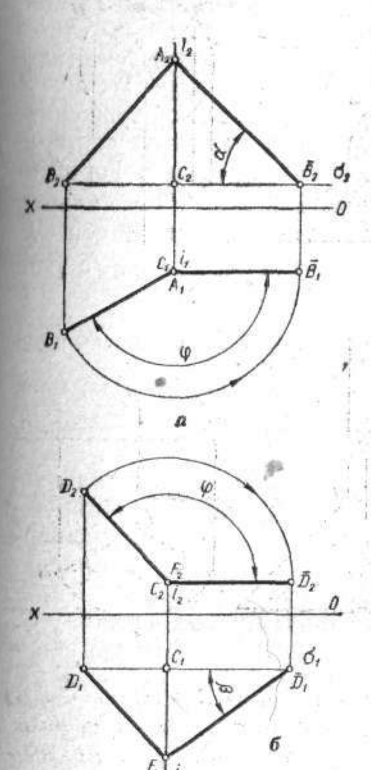
а) *ось вращения* i — прямую, вокруг которой вращается точка. Ось вращения берут перпендикулярной к плоскостям проекций Π_1 или Π_2;

б) *плоскость вращения* σ, т. е. плоскость, в которой точка перемещается и которая перпендикулярна к оси вращения. Если ось вращения перпендикулярна к плоскости проекций Π_1, то плоскость вращения будет горизонтальной; если же ось вращения перпендикулярна к Π_2, то плоскость вращения будет фронтальной;

в) *центр вращения* — точку C пересечения оси с плоскостью вращения;

г) *радиус вращения* $R = C_2M_2$ — расстояние от точки до центра вращения. Радиус вращения проецируется в натуральную величину на плоскость, перпендикулярную к оси вращения.

Вращение отрезка прямой. Для поворота отрезка прямой вокруг оси нужно повернуть две точки, принадлежащие отрезку. Построение



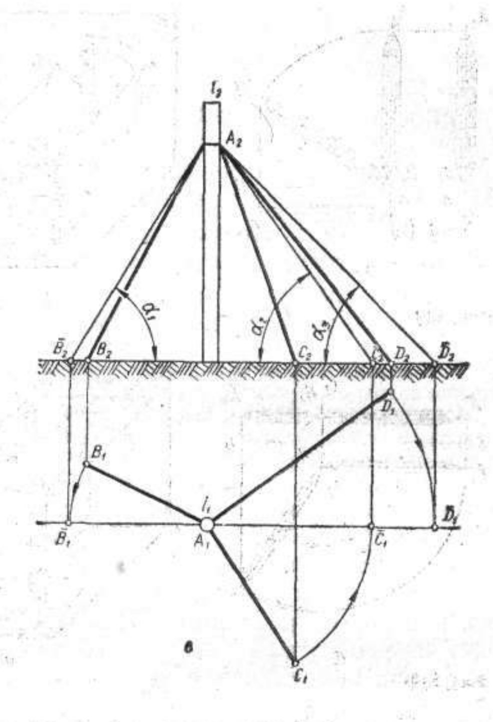


Рис. 131

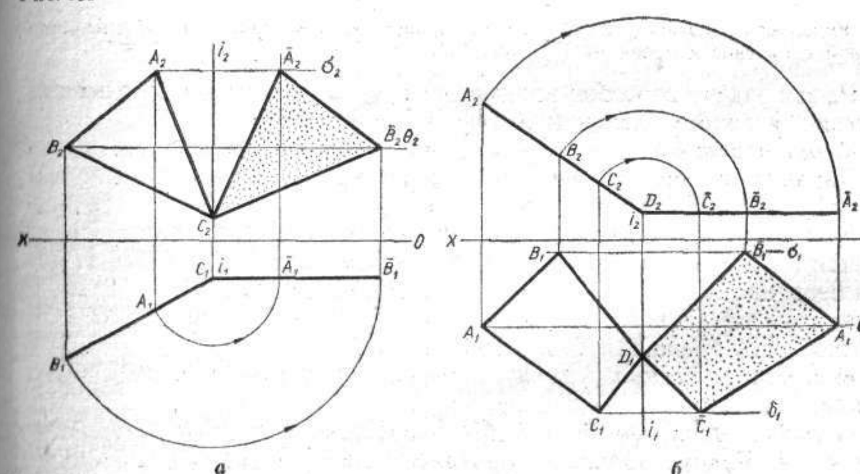


Рис. 132

можно упростить, если ось вращения провести через одну из концевых точек отрезка. Для определения натуральной величины отрезка AB (рис. 131, *а*) повернем его в положение, параллельное фронтальной плоскости проекций. Ось вращения i проведем через точку A перпендикулярно к плоскости Π_1. Точка A, лежащая на оси вращения, своего положения не изменит. Точка B переместится вокруг оси вращения i в плоскости σ, перпендикулярной к оси вращения. Горизонтальная проекция отрезка займет положение $A_1\overline{B}_1 \parallel Ox$. Фронтальная проекция B_2 точки B переместится по прямой, параллельной оси Ox, и займет положение $\overline{B}_2$. $A_2\overline{B}_2$— истинная величина отрезка AB, а угол α — угол наклона прямой к плоскости проекций Π_1.

Упражнение 1. Поясните задачу, решенную на рис. 131, *б*, где определены натуральная величина отрезка CD и угол β.

Упражнение 2. На рис. 131, *в* изображен столб, укрепленный тремя растяжками. Определите, сколько метров провода уйдет на изготовление растяжек и под какими углами они наклонены к плоскости земли.

Вращение плоской фигуры. Требуется определить натуральную величину треугольника ABC, лежащего в горизонтально проецирующей плоскости (рис. 132, *а*). Вращают треугольник вокруг оси i, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1, до положения, параллельного плоскости проекций Π_2. Чтобы упростить построение, ось i проводят через одну из вершин треугольника, например через вершину C. Теперь она при вращении не изменит своего положения. После поворота горизонтальная проекция треугольника займет положение $C_1\overline{A}_1\overline{B}_1$, параллельное оси Ox. Вершины треугольника A и B перемещаются в параллельных плоскостях σ и θ, перпендикулярных к оси вращения i. Фронтальные проекции вершин после поворота займут положение $\overline{A}_2$ и $\overline{B}_2$. Эти точки лежат на вертикальных линиях связи с $\overline{A}_1$ и $\overline{B}_1$. Треугольник $C_2\overline{A}_2\overline{B}_2$ и представляет натуральную величину треугольника ABC.

Упражнение. Поясните построение, произведенное на рис. 132, *б*.

12.3. Способ совмещения

Совмещением называют вращение плоской фигуры вокруг одного из ее следов до совпадения с той плоскостью проекций, на которой находится этот след. Совмещение осуществляют также вращением плоской фигуры вокруг ее горизонтали или фронтали до положения, при котором фигура станет параллельной плоскости проекций.

В результате совмещения плоская фигура и ее элементы изображаются без искажения. Проекции точек после совмещения обозначают теми же буквами и индексами, но с дополнительной чертой сверху.

На рис. 133, *а* треугольник ABC изображен в горизонтально проецирующей плоскости σ. На плоскость Π_1 он проецируется отрезком $A_1C_1B_1$ а на Π_2 — в искаженном виде ($A_2C_2B_2$). Для определения натуральной величины треугольника совместим плоскость σ с плоскостью

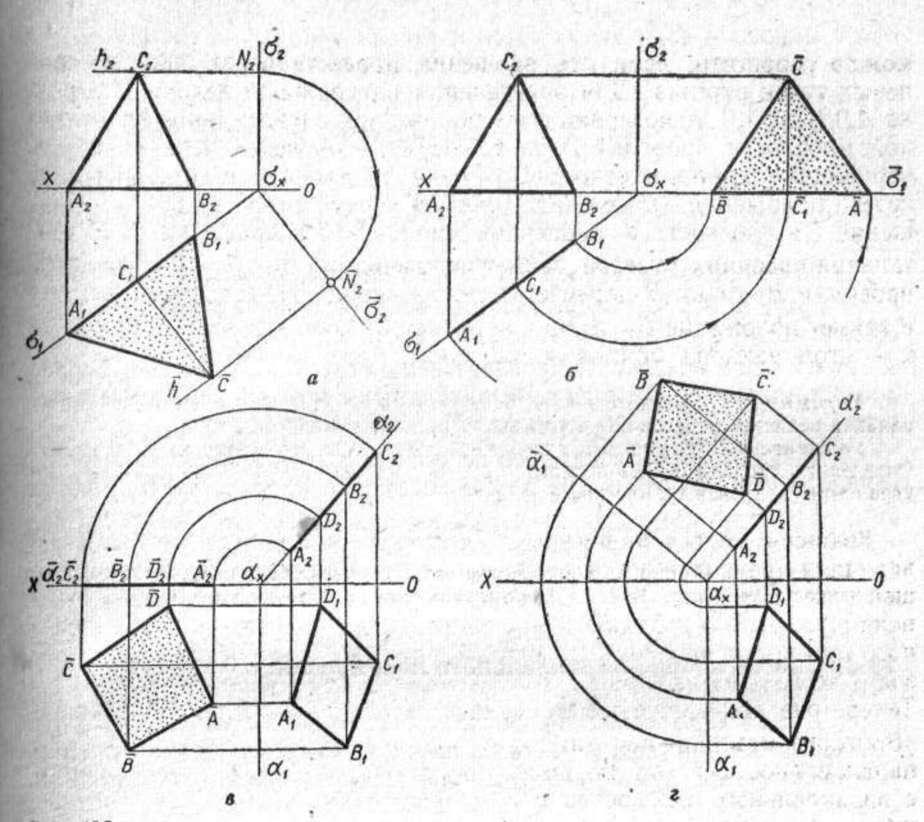


Рис. 133

проекций Π_1 вращением вокруг следа σ_1. В результате совмещения фронтальный след σ_2 займет положение $\bar{\sigma}_2$, перпендикулярное к σ_1. Вершины *A* и *B* треугольника, лежащие на оси вращения, т. е. на σ_1, своего положения не изменят. Чтобы определить совмещенное положение вершины *C*, используют вспомогательную горизонталь *h* (*CN*). На рисунке показано, что после совмещения горизонталь *h* пойдет параллельно σ_1, причем отрезок $\sigma_x\bar{N}_2 = \sigma_x N_2$, т. е. положение точки $\bar{N}_2$ определится проведением дуги окружности радиуса $\sigma_x N_2$ из центра σ_x. Опуская из C_1 перпендикуляр до пересечения с $\bar{h}$, находят точку $\bar{C}$ — совмещенное положение вершины треугольника. $A_1\bar{C}B_1$ — натуральная величина треугольника *ABC*.

На рис. 133, *б* натуральная величина того же треугольника *ABC* определена вращением вокруг следа σ_2 до совмещения с фронтальной плоскостью проекций Π_2. В результате совмещения горизонтальный след плоскости σ_1 займет положение $\bar{\sigma}_1$, т. е. совпадет с направлением оси *x*. Совмещенное положение вершин $\bar{A}$ и $\bar{B}$ треугольника, лежащих на следе σ_1, получится проведением дуг из σ_x, как из центра. Горизонтальная проекция C_1 точки *C* переместится в совмещенное положе-

ние с помощью дуги окружности и займет положение $\overline{C}_1$. На пересечении перпендикуляров, проведенных из вершины C_2 к оси вращения σ_2 и из точки $\overline{C}_1$ к оси x, определится совмещенное положение $\overline{C}$ третьей вершины треугольника. $\overline{A}\overline{B}\overline{C}$ — натуральная величина треугольника ABC.

На рис. 133, *в* натуральная величина четырехугольника найдена совмещением с плоскостью проекций Π_1. Порядок построения следующий:

1) из точки схода следов α_x, как из центра, проводят дуги радиусами $\alpha_x A_2$; $\alpha_x B_2$; ... до пересечения с осью Ox в точках $\overline{A}_2$, $\overline{B}_2$, ...; $\overline{\alpha}_2$— совмещенный фронтальный след плоскости α;

2) из точек $\overline{A}_2$, $\overline{B}_2$, ... проводят вспомогательные прямые, перпендикулярные к оси Ox, а из горизонтальных проекций вершин четырехугольника A_1, B_1, ...— прямые, параллельные оси Ox;

3) точки $\overline{A}$, $\overline{B}$, ... взаимного пересечения этих прямых определяют вершины четырехугольника в совмещенном с плоскостью Π_1 положении. $\overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D}$ — натуральная величина заданного четырехугольника.

Упражнение. Рассмотрите построение натуральной величины четырехугольника, выполненное совмещением его с фронтальной плоскостью проекций Π_2 (рис. 133, *г*).

12.4. Способ плоско-параллельного перемещения

Плоско-параллельным называется такое движение фигуры в пространстве, при котором все ее точки перемещаются в плоскостях, параллельных между собой и параллельных одной из плоскостей проекций.

Основные положения, лежащие в основе этого способа, следующие:

а) при плоско-параллельном перемещении фигуры относительно плоскости проекций Π_1 фронтальные проекции точек перемещаются по прямым, параллельным оси Ox, а горизонтальная проекция фигуры остается неизменной по своей величине и форме;

б) при плоско-параллельном перемещении фигуры относительно плоскости проекций Π_2 горизонтальные проекции точек перемещаются параллельно оси Ox, а фронтальная проекция фигуры остается неизменной по своей величине и форме.

Перемещение отрезка прямой (рис. 134, *а*). Для определения натуральной величины отрезка AB его перемещают параллельно плоскости проекций Π_1 до положения, при котором отрезок станет параллельным плоскости проекций Π_2. Для этого горизонтальную проекцию A_1B_1, не изменяя ее величины, располагают на свободном месте поля чертежа параллельно оси проекций Ox ($A_1B_1 = \overline{A}_1\overline{B}_1$). Из фронтальных проекций A_2 и B_2 проводят прямые, параллельные оси Ox, до пересечения с вертикальными линиями связи, проведенными из $\overline{A}_1$ и $\overline{B}_1$. $\overline{A}_2\overline{B}_2$ — фронтальная проекция перемещенного отрезка — равна натуральной величине самого отрезка, так как в результате перемещения прямая из общего положения преобразована во фронтальную

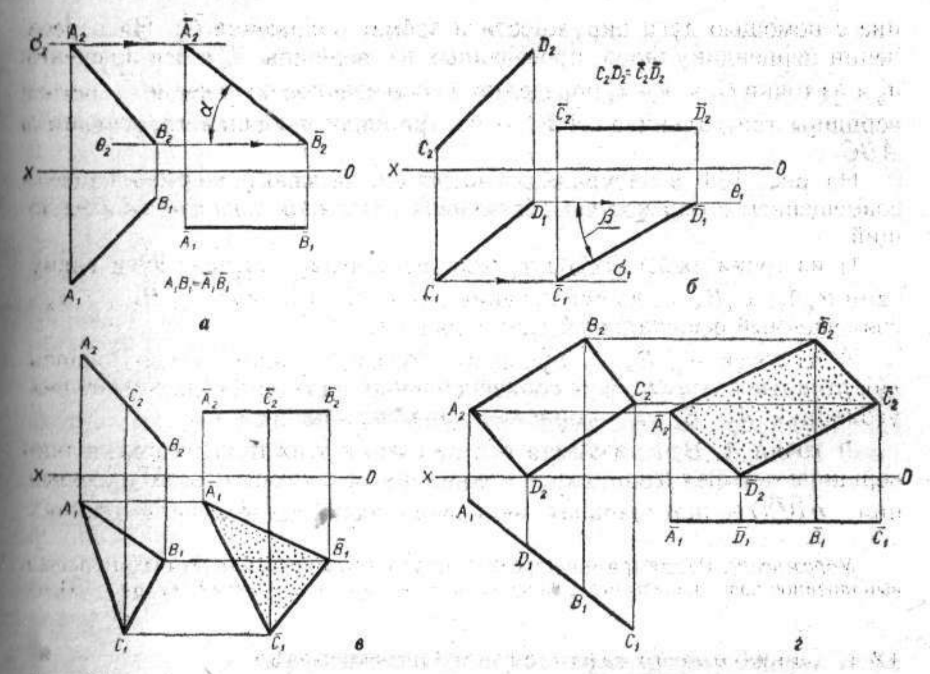


Рис. 134

прямую, параллельную плоскости проекций Π_2. Угол α является углом наклона прямой AB к горизонтальной плоскости проекций.

Упражнение. Объясните построение натуральной величины отрезка CD, выполненное на рис. 134, *б*.

Перемещение плоской фигуры. На рис. 134, *в* способом плоско-параллельного перемещения относительно плоскости проекций Π_2 определена натуральная величина треугольника ABC, лежащего во фронтально проецирующей плоскости. Для этого фронтальную проекцию $A_2C_2B_2$, не изменяя ее величины и формы, перемещают в положение, параллельное оси Ox $(\overline{A}_2\overline{C}_2\overline{B}_2 = A_2C_2B_2)$, располагая проекцию на свободном месте поля чертежа.

Из горизонтальных проекций A_1, B_1, C_1 вершин треугольника проводят прямые, параллельные оси Ox, а из точек $\overline{A}_2$, $\overline{B}_2$, $\overline{C}_2$ — вертикальные линии связи, перпендикулярные к оси Ox. Взаимное пересечение этих прямых определяет горизонтальную проекцию $\overline{A}_1\overline{B}_1\overline{C}_1$ треугольника после перемещения. В результате перемещения плоскость треугольника заняла положение, параллельное плоскости Π_1, и $\overline{A}_1\overline{B}_1\overline{C}_1$ — натуральная величина треугольника ABC.

Упражнение. Объясните определение натуральной величины четырехугольника, выполненное на рис. 134, *г*.

12.5. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа заключается в том, что *положение точек, прямых и фигур в пространстве остается неизменным, а вместо существующей выбирают новую плоскость проекций так, чтобы проецированием на нее можно было определить натуральную величину заданных геометрических элементов или решить какие-либо другие задачи.*

На рис. 135, *а* задана система плоскостей проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Чтобы решить задачу, нужно заменить одну из плоскостей проекций, например Π_2, на новую плоскость Π_4, т. е. от системы плоскостей проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ перейти к системе $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$. Новая плоскость Π_4 должна оставаться перпендикулярной к плоскости проекций Π_1. На комплексном чертеже (рис. 135, *б*) возникает новая ось x_1 как результат пересечения плоскостей Π_1 и Π_4. Обратите внимание на обозначение осей проекций в старой и новой системах плоскостей проекций. На рис. 135, *в* горизонтальная плоскость Π_1 заменена плоскостью Π_4, перпендикулярной к оставшейся плоскости проекций Π_2. На комплексном чертеже (рис. 135, *г*) изображены и обозначены старая и новая оси проекций.

Замена плоскости при проецировании точки. На рис. 136, *а* точка A задана своими проекциями в системе $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Нужно построить проекции точки, если плоскость Π_2 заменена новой вертикальной плоскостью Π_4.

Горизонтальная проекция A_1 остается неизменной, так как не меняется положение плоскости проекций Π_1. Для определения новой фронтальной проекции A_4 из точки A опускают перпендикуляр до пересечения с плоскостью проекций Π_4. A_4 — новая фронтальная проекция точки A. Следовательно, в системе плоскостей $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ проекциями точки были A_2 и A_1, а в новой системе $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ ее проекциями будут A_4 и A_1. Из чертежа 136, *а* видно, что $A_4A_{x_1} = A_2A_x$, т. е. расстояние от новой проекции точки до новой оси равно расстоянию от заменяемой проекции до старой оси. Так как отрезок A_2A_x есть координата z точки A (z_A), то, следовательно, при замене фронтальной плоскости проекций неизменными остаются координаты z всех точек фигуры.

На рис. 136, *б* указанное построение выполнено на комплексном чертеже. Для этого из проекции A_1 опускают перпендикуляр на новую ось проекций x_1 и от A_{x_1} откладывают на нем координату z_A точки A, т. е. $A_4A_{x_1} = A_2A_x$.

Выводы:

а) *при замене фронтальной плоскости проекций* Π_2 *новой плоскостью горизонтальная проекция точки остается без изменения;*

б) *чтобы определить новую фронтальную проекцию точки, нужно из горизонтальной проекции опустить перпендикуляр на новую ось и от оси отложить на нем отрезок, равный расстоянию от заменяемой проекции до старой оси, т. е. координату z данной точки.*

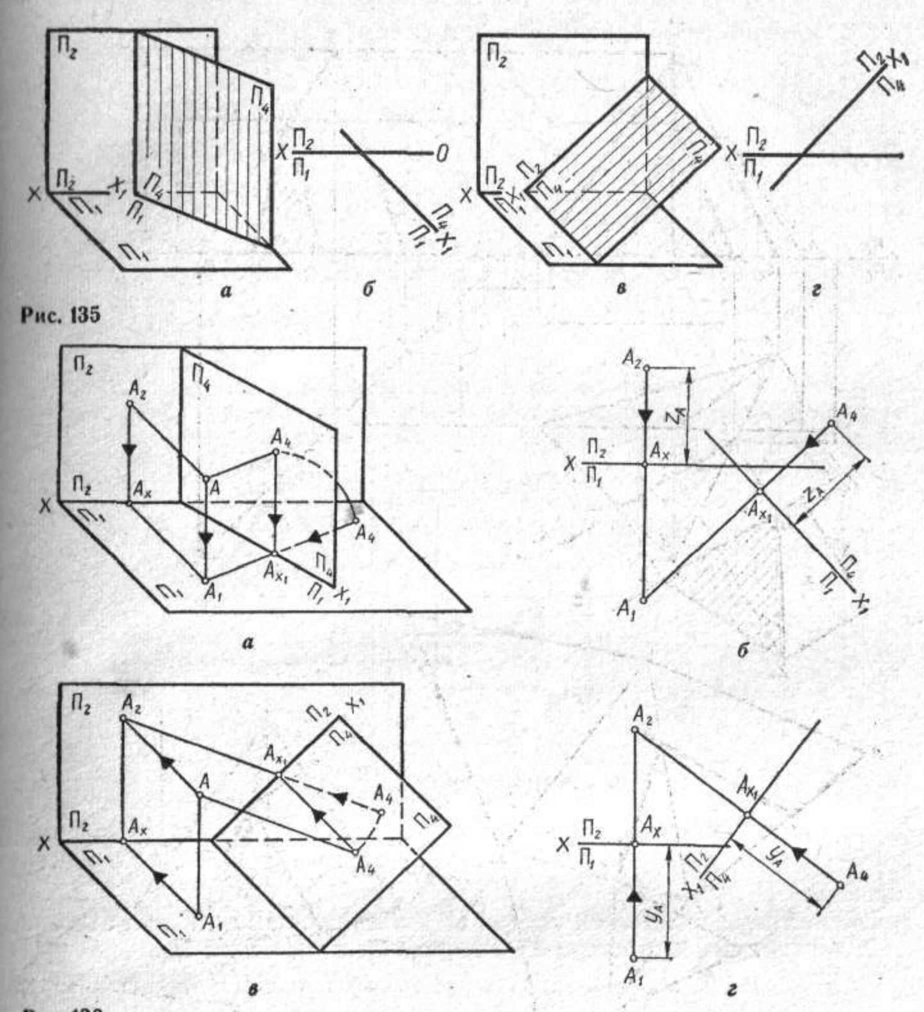


Рис. 135

Рис. 136

Упражнение. Поясните построение, произведенное на рис. 136, *в*, *г*, где выполнен переход от системы $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ к системе плоскостей проекций $\frac{\Pi_2}{\Pi_4}$. Сформулируйте соответствующий вывод при замене горизонтальной проекции точки.

Способ замены плоскости проекций для отрезка прямой (рис. 137, *а*). Чтобы определить действительную величину отрезка AB, фронтальную плоскость проекций Π_2 заменяют новой вертикальной плоскостью Π_4, параллельной отрезку AB и перпендикулярной к плоскости проекций Π_1. Фронтальную проекцию A_4B_4 находят в такой последовательности:

1) на произвольном расстоянии от A_1B_1 параллельно горизонтальной проекции отрезка проводят новую ось x_1;

2) из точек A_1 и B_1 проводят линии связи перпендикулярно к оси x_1;

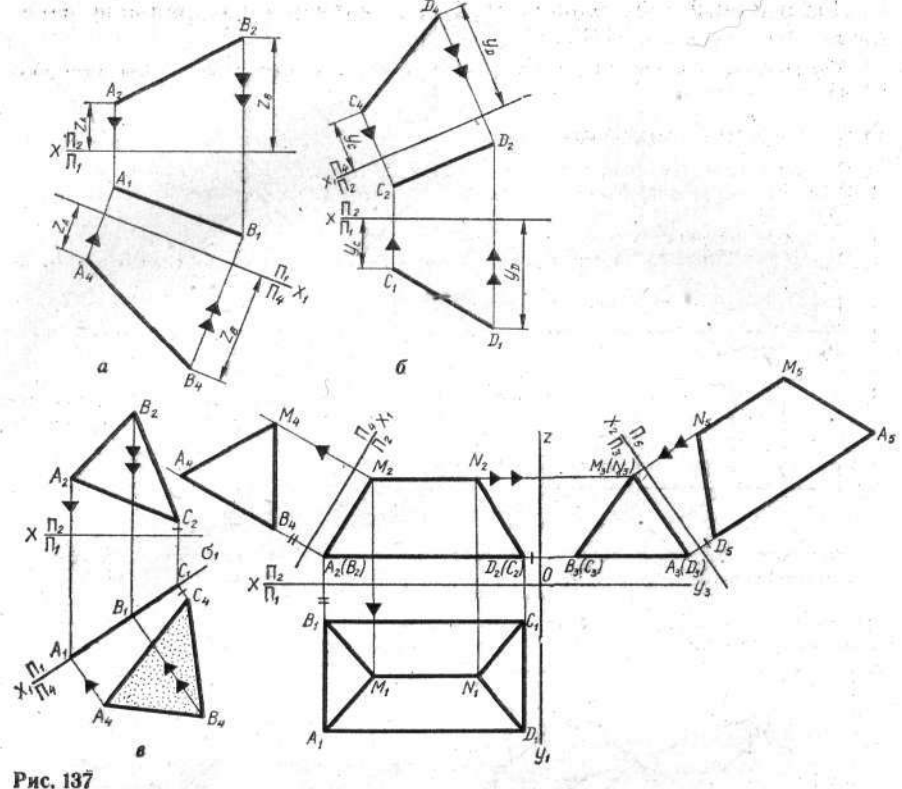


Рис. 137

3) на этих линиях от новой оси откладывают отрезки, равные координатам z точек A и B, т. е. отрезки z_A и z_B, замеренные на плоскости проекций Π_2;

4) полученный отрезок A_4B_4 и есть натуральная величина отрезка AB, так как в новой системе он параллелен плоскости Π_4.

Упражнение. Поясните определение натуральной величины отрезка прямой, выполненное на рис. 137, *б*.

Способ замены плоскости проекций для определения натуральной величины плоской фигуры. Нужно определить истинную величину треугольника ABC, расположенного в горизонтально проецирующей плоскости σ (рис. 137, *в*). Плоскость проекций Π_2 заменяют новой вертикальной плоскостью Π_4, параллельной плоскости треугольника ABC и перпендикулярной к плоскости Π_1. Для этого проводят новую ось проекций x_1 системы плоскостей $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ параллельно следу-проекции σ_1 на произвольном от него расстоянии. В нашем примере ось x_1 выбрана так, что она совпадает с проекцией $A_1B_1C_1$ (рис. 137, *в*). Из точек A_1, B_1, C_1 проводят линии связи перпендикулярно к x_1 и откладывают на них отрезки, равные координатам z точек A, B, C, т. е. равные расстояниям от A_2, B_2 и C_2 до оси Ox.

Построенный треугольник $A_4B_4C_4$ и является натуральной величиной треугольника ABC.

Упражнение. На рис. 137, *г* определены размеры склонов крыши. Поясните произведенное построение.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите способы преобразования проекций, применяемые в черчении?
2. В чем сущность способа вращения вокруг осей, перпендикулярных к плоскостям проекций?
3. Назовите основные элементы вращения.
4. Определите способом вращения истинную величину отрезка прямой и треугольника.
5. В чем сущность способа совмещения?
6. Определите способом совмещения действительную величину треугольника, принадлежащего горизонтально проецирующей плоскости.
7. В чем сущность способа плоско-параллельного перемещения?
8. Определите способом плоско-параллельного перемещения действительную величину отрезка прямой и треугольника, принадлежащего фронтально проецирующей плоскости.
9. В чем сущность способа замены плоскостей проекций?
10. Определите способом замены плоскостей проекций натуральную величину треугольника, лежащего в профильно проецирующей плоскости.

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Способы преобразования проекций». Правильность ответов проверьте на с. 441.

Карта программированного контроля по теме „Способы преобразования проекций"

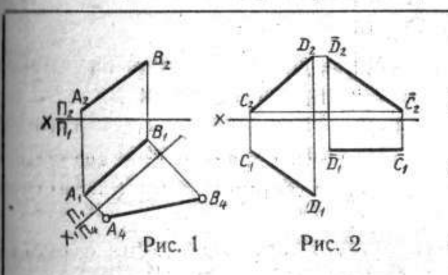


Рис. 1 Рис. 2

1. Каким способом определена истинная величина отрезка AB прямой на рис. 1?
2. Каким способом определена истинная величина отрезка прямой CD на рис. 2?
3. На каких рисунках правильно определена истинная величина треугольника ABC (рис. 3—6)?
4. Относительно какой плоскости проекций выполнено перемещение на рис. 5?
5. Как называется прямая i (рис. 6)? Что представляет собой линия $A_2\overline{A}_2$ (рис. 6)?
6. Какая плоскость проекций заменена на рис. 3?
7. Относительно какой линии выполнено вращение на рис. 4?

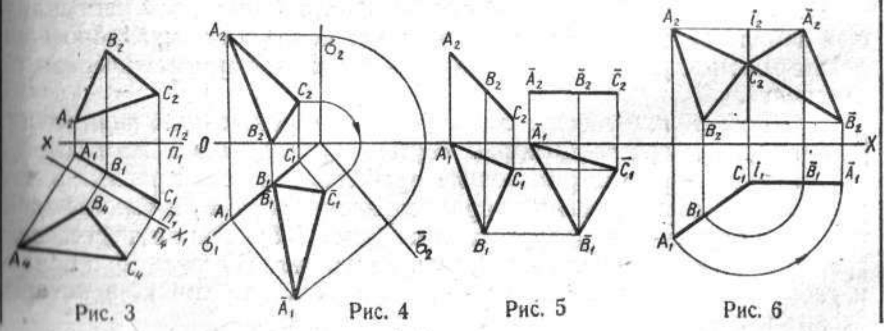


Рис. 3 Рис. 4 Рис. 5 Рис. 6

8. Правильно ли найдена действительная величина треугольника ABC на рис. 7?
9. По заданным размерам (рис. 8) постройте прямую AB и определите ее действительную величину в миллиметрах способом плоско-параллельного перемещения.
10. По данным размерам (рис. 9) постройте треугольник ABC и определите способом плоско-параллельного перемещения его действительную величину в $мм^2$.

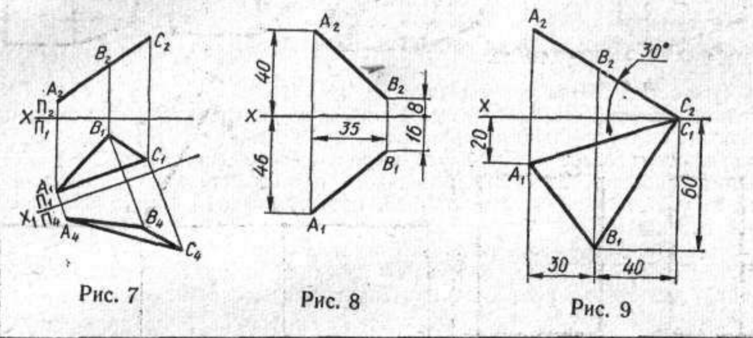


Рис. 7 Рис. 8 Рис. 9

§ 13. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

13.1. Общие положения

Чтобы вычертить сложную техническую деталь, нужно научиться вычерчивать простые геометрические формы, из которых состоят детали,— призмы, цилиндры, сферы и т. п. Проецирование геометрических тел заключается не только в построении по заданным размерам проекций этих тел, но и в умении провести полный анализ чертежа, т. е. указать ребра, вершины, грани, образующие, определить взаимное расположение этих элементов, указать видимые и невидимые части фигуры, определить проекции точек, лежащих на поверхности тела, проставить размеры и т. п.

13.2. Призма

Если прямая (образующая) скользит по произвольной направляющей ломаной линии так, что отдельные ее положения остаются параллельными между собой, то образуется замкнутая призматическая поверхность.

Призмой называется многогранник, образованный пересечением призматической поверхности двумя параллельными плоскостями.

Две грани призмы *(основания)* представляют собой равные многоугольники с соответственно параллельными ребрами, а *боковые грани* в общем случае — параллелограммы (рис. 138). Линии пересечения граней призмы называются *ребрами*. Различают *боковые ребра* призмы и *ребра основания*. Точки пересечения ребер, или точки, в которых сходятся грани, называются *вершинами многогранника*.

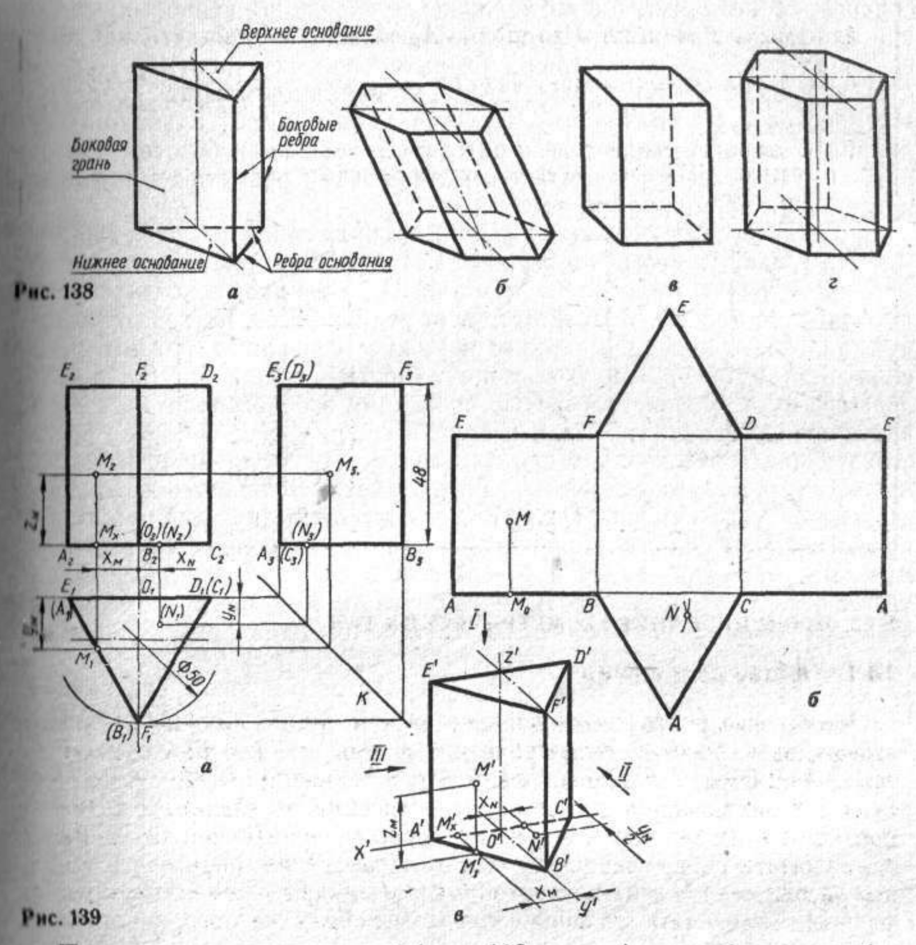


Рис. 138

Рис. 139

Призма называется *прямой* (рис. 138, *а*, *в*, *г*), если боковые ребра ее перпендикулярны к основанию, и *наклонной* (рис. 138, *б*), если это условие не выполняется. Боковые грани прямой призмы — прямоугольники, наклонной — параллелограммы. Призмы разделяются также на правильные и неправильные. *Правильной* называется призма, в основании которой лежит правильный многоугольник. По форме основания различают призмы треугольные, четырехугольные, шестиугольные и др. Если основанием призмы служит прямоугольник или параллелограмм, то она называется *параллелепипедом*.

Построение проекций призмы на комплексном чертеже (рис. 139, *а*). Нужно построить проекции прямой правильной треугольной призмы, стоящей основанием на плоскости $П_1$. Основание вписано в окружность диаметром 50 *мм*, высота призмы — 48 *мм*.

На плоскость проекций $П_1$ призма проецируется равносторонним треугольником, представляющим собой проекции верхнего и нижнего оснований призмы. Стороны треугольника являются проекциями

боковых граней призмы, а его вершины — проекциями боковых ребер. На плоскости проекций Π_2 призма изобразится прямоугольником, величина которого равна грани, параллельной плоскости Π_2. Проекция переднего ребра призмы делит этот прямоугольник пополам. На плоскость Π_3 призма проецируется также прямоугольником, величина которого меньше действительной величины боковой грани призмы. На рис. 139, *а* построение профильной проекции выполнено при помощи постоянной прямой *K*.

Анализ чертежа призмы. Призма, изображенная на рис. 139, *а*, имеет 5 граней, 9 ребер и 6 вершин. Грань *ABC* — нижнее основание призмы — лежит в плоскости проекций Π_1, а верхнее основание *EFD* параллельно плоскости Π_1 и отстоит от нее на 48 *мм*. На горизонтальную плоскость проекций верхнее и нижнее основания призмы проецируются в натуральную величину. Боковая грань *AEDC*, параллельная фронтальной плоскости проекций, изображается на ней в натуральную величину; левая и правая грани *AEFB* и *FDCB*, представляющие горизонтально проецирующие плоскости, на плоскостях проекций Π_2 и Π_3 имеют уменьшенные размеры. Величина уменьшения зависит от угла наклона грани призмы к соответствующей плоскости проекций. Чем больше угол наклона грани, тем больше сокращение ее размеров. Грани *AEFB* и *FDCB* к плоскости Π_2 наклонены под углом 60°, а к плоскости Π_3 — под углом 30°, поэтому размеры этих граней на Π_2 меньше, чем на Π_3 (т. е. площадь прямоугольника $A_2E_2F_2B_2$ меньше площади прямоугольника $A_3E_3F_3B_3$).

Шесть ребер призмы — это ребра верхнего и нижнего оснований. Ребра *AB*, *BC*, *CA* лежат в горизонтальной плоскости проекций Π_1, а ребра *EF*, *FD*, *DE* параллельны этой плоскости и проецируются на Π_1 в натуральную величину. Ребра *AC* и *ED* — профильно проецирующие прямые, которые на Π_1 и Π_2 изображаются отрезками, параллельными оси *Ox*. Боковые ребра призмы — горизонтально проецирующие прямые. На плоскость Π_1 они проецируются в виде точек. а на Π_2 и Π_3 — отрезками, перпендикулярными к оси проекций *Ox*. Эти отрезки равны натуральной величине ребер призмы.

Видимость элементов призмы. Горизонтальная проекция — это изображение призмы в направлении стрелки *I* (рис. 139, *в*). Поэтому на плоскости Π_1 видимым будет лишь верхнее основание призмы. Стрелка *II* указывает направление лучей зрения при построении фронтальной проекции; следовательно, на этой проекции видимы грани *AEFB* и *FDCB*, а грань *AEDC* — невидима. На профильной плоскости видимой будет боковая грань *AEFB*, так как направление взгляда отвечает стрелке *III*.

Определение проекций точек, лежащих на поверхности призмы. На рис. 139, *а* задана фронтальная проекция M_2 точки, лежащей на левой боковой грани призмы. Эта грань перпендикулярна к плоскости Π_1 и проецируется на нее отрезком A_1B_1. Следовательно, горизонтальная проекция M_1 точки находится на этом отрезке. При помощи постоянной прямой чертежа определена проекция M_3. На этом же рисунке построены фронтальная и профильная проекции точки *N*, лежащей на нижнем основании призмы. Построение понятно из чертежа.

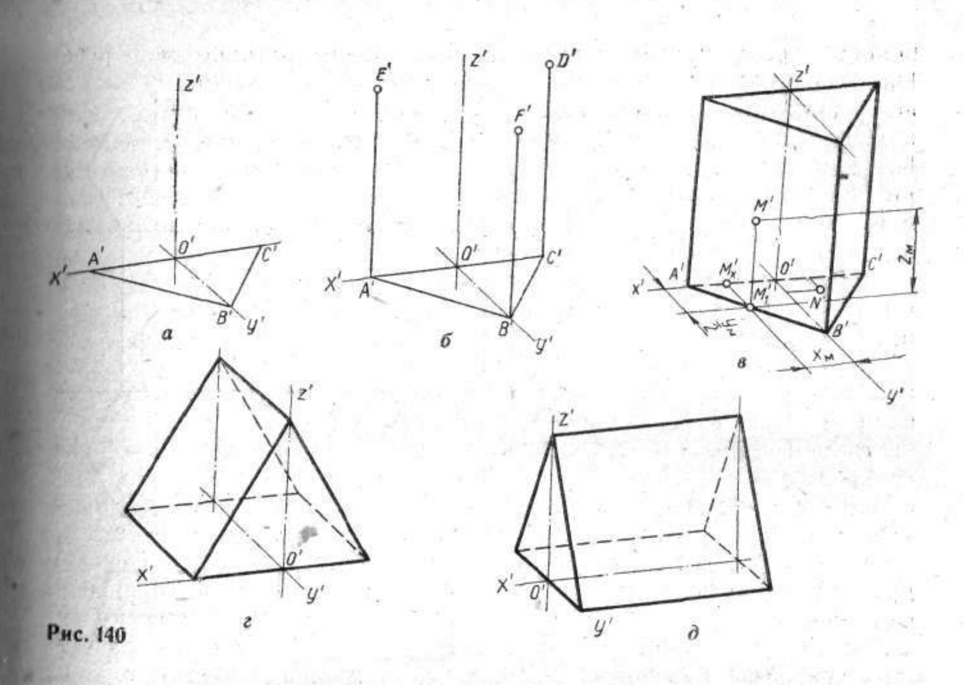


Рис. 140

Размеры призмы. Из размеров, характеризующих правильную прямую призму, на чертеже достаточно показать высоту призмы и диаметр окружности, в которую вписан равносторонний треугольник основания.

Построение развертки призмы (рис. 139, *б*).

Разверткой многогранника называется фигура, полученная в результате совмещения всей его поверхности с плоскостью.

Развертка боковой поверхности призмы — это прямоугольник, длина которого равна периметру треугольника основания, а высота равна высоте призмы. Для получения полной развертки добавляют верхнее и нижнее основания призмы. Переносят на развертку точки M и N. Для этого на ребре AB откладывают отрезок $AM_0 = A_1M_1$ и через точку M_0 проводят прямую, параллельную направлению боковых ребер призмы. На этой прямой откладывают отрезок M_0M, равный отрезку M_xM_2. Точка N построена способом засечек. На горизонтальной проекции измеряют циркулем отрезки B_1N_1 и C_1N_1 и из точек B и C, как из центров, проводят дуги до взаимного их пересечения в точке N. Ребра призмы (линии перегиба) на развертке изображают тонкой сплошной линией.

Построение аксонометрического изображения призмы. На рис. 139, *в* призма изображена в прямоугольной диметрии. Последовательность построения показана на рис. 140, *а* — *в*. Проводят аксонометрические оси x', y', z' и строят изображение нижнего основания призмы (рис. 140, *а*). Откладывая на оси x' отрезки $O'A'$ и $O'C'$, соответственно равные O_1A_1 и O_1C_1, получают вершины треугольника A' и C'. По оси y' откладывают половину высоты треугольника основания,

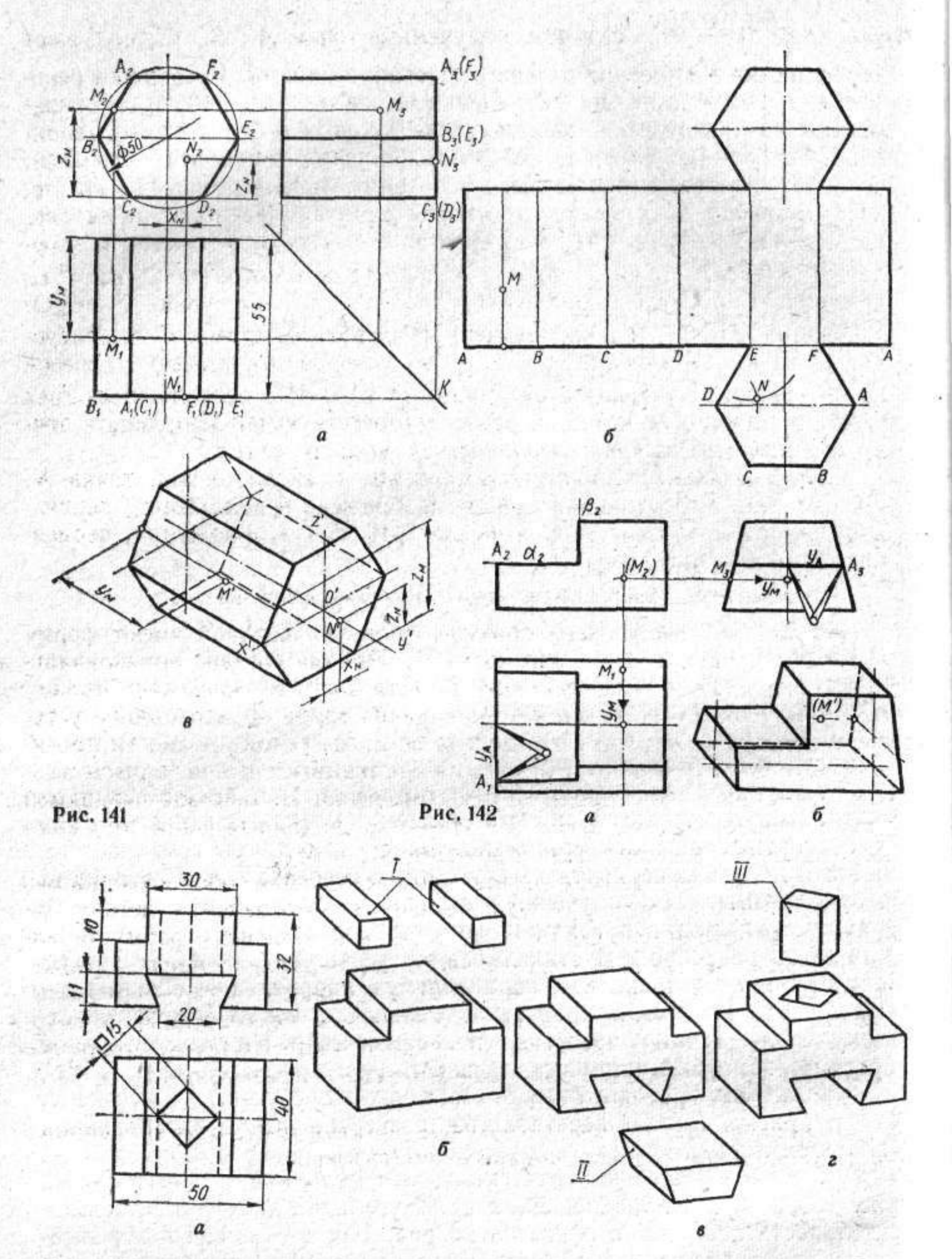


Рис. 141

Рис. 142

Рис. 143

т. е. $O'B' = \frac{O_1B_1}{2}$. Соединяя полученные точки A', B', C', получают изображение в диметрии нижнего основания призмы. Из вершин основания проводят прямые, параллельные оси z' (рис. 140, *б*), и откладывают на них отрезки, равные длине боковых ребер призмы, например, $A'E' = A_2E_2$ и т. д. Соединяя концевые точки этих отрезков, получают изображение верхнего основания призмы (рис. 140, *в*). Невидимые ребра показывают штриховой линией. Переносят на аксонометрическое изображение точки M и N. Выполняют это методом координат. Влево от точки O' по оси x' откладывают отрезок $O'M_x' = x_M$ и проводят прямую, параллельную оси y', до пересечения с ребром основания в точке M_1'. Из полученной вторичной проекции M_1' проводят прямую, параллельную оси z', на которой откладывают отрезок $M_1'M'$, равный координате z_M. Линия $O'M_x'M_1'M'$, состоящая из трех звеньев, каждое из которых равно соответствующей координате точки M, есть *трехзвенная координатная ломаная линия*.

Самостоятельно выполните построение в аксонометрии точки N. На рис. 140, *г* треугольная призма изображена в положении, перпендикулярном к плоскости Π_2, а на рис. 140, *д* — в положении, перпендикулярном к плоскости Π_3.

Упражнение. Выполните анализ призмы, изображенной на рис. 141.

На рис. 142 изображена призма, основания которой имеют форму трапеции и параллельны плоскости Π_3. Призма срезана горизонтальной плоскостью α и профильной β. Плоскость α пересекает призму по прямоугольнику, длина которого равна длине образованного уступа, а ширина может быть определена по профильной плоскости проекций. Для этого измеряют отрезок y_A и откладывают его на горизонтальной проекции в обе стороны от оси симметрии. На боковой невидимой грани призмы задана точка M. Известна ее фронтальная проекция M_2. Укажите, как получены проекции M_1 и M_3.

На рис. 143 изображена деталь, представляющая собой комбинацию призматических форм. Последовательность изготовления детали такова: из бруска размерами $50 \times 32 \times 40$ *мм*, имеющего форму параллелепипеда, вырезаны в верхней части два параллелепипеда *I* размерами $10 \times 10 \times 40$ *мм* (рис. 143, *а*, *б*), а в нижней части — призматический паз *II* с трапецеидальным основанием размерами $20 \times 30 \times 11 \times 40$ *мм* (рис. 143, *а*, *в*). В средней части получено отверстие удалением прямоугольного параллелепипеда *III* размерами $15 \times 15 \times 21$ *мм* (рис. 143, *а*, *г*).

Подобный анализ позволяет лучше понять форму элементов деталей и рациональнее подойти к нанесению размеров.

13.3. Пирамида

Если образующая, проходящая через постоянную точку, скользит по замкнутой ломаной линии, то получается многогранный угол или пирамидальная поверхность. Пересекая пирамидальную поверхность плоскостью, получают пирамиду.

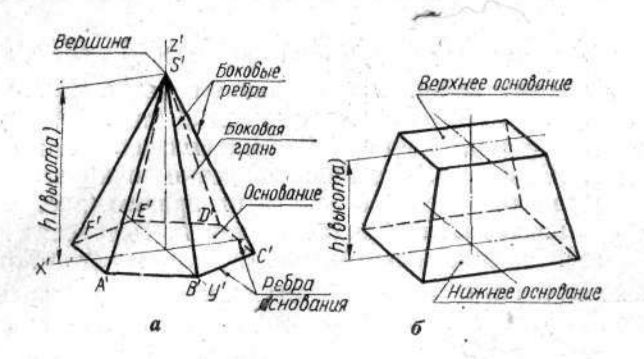


Рис. 144

Следовательно, *пирамидой называется многогранник* (рис. 144, *а*), *одна грань которого (основание) — многоугольник, а боковые грани — треугольники с общей точкой — вершиной пирамиды.*

Линии пересечения граней называются *ребрами*. Ребра пирамиды разделяются на *боковые* и *ребра основания*.

По форме основания пирамиды бывают треугольные, четырехугольные, пятиугольные и т. д. Пирамида называется *правильной*, если ее основанием является правильный многоугольник и ось проходит через центр основания. Боковые грани правильной пирамиды — равнобедренные треугольники.

Ближайшее расстояние от вершины до основания называется *высотой пирамиды*. Если пирамиду рассечь плоскостью, параллельной ее основанию, то получится так называемая усеченная пирамида — часть пирамиды между основанием и секущей плоскостью (рис. 144, *б*). Стороны верхнего и нижнего оснований усеченной пирамиды параллельны между собой. Усеченная пирамида называется правильной, если ее основаниями служат правильные многоугольники.

Построение проекций пирамиды на комплексном чертеже. Нужно построить проекции пирамиды, в основании которой лежит прямоугольник со сторонами 32 и 54 *мм* и высотой 50 *мм* (рис. 145, *а*). Горизонтальная проекция пирамиды представляет собой прямоугольник, поделенный диагоналями на треугольники. По форме и размерам этот прямоугольник равен основанию пирамиды. Треугольники являются проекциями боковых граней пирамиды. На плоскости Π_2 пирамида изображается треугольником с основанием 54 *мм* и высотой 50 *мм*, равной высоте пирамиды. Треугольник $A_2S_2B_2$ является проекцией передней видимой грани пирамиды.

На плоскости Π_3 пирамида изображается также треугольником с основанием 32 *мм* и высотой 50 *мм*. Треугольник $D_3S_3A_3$ является проекцией левой боковой грани пирамиды.

Анализ чертежа пирамиды. Пирамида, изображенная на рис. 145, *а*, имеет 5 граней, 8 ребер, вершину S и четыре вершины четырехугольника основания. Грани SAD и SBC — фронтально проецирующие плоскости, которые на Π_2 изображаются отрезками прямых, а на Π_3 и Π_1 — треугольниками уменьшенной величины. Величина уменьшения зависит от угла наклона этих граней к плоскостям Π_1 и Π_3

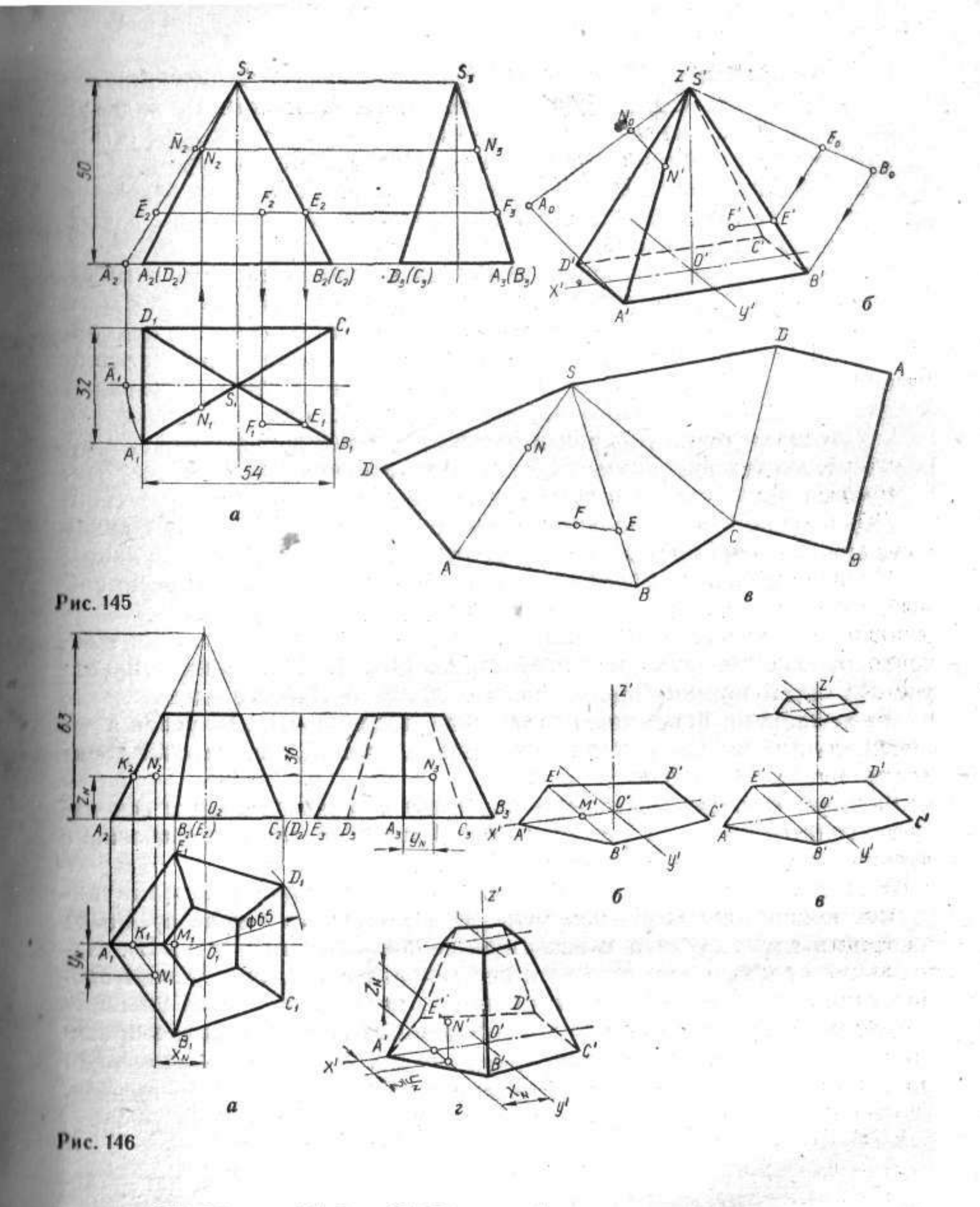


Рис. 145

Рис. 146

(см. с. 134). Грани SAB и SDC — профильно проецирующие плоскости, которые на Π_3 изображаются отрезками прямых, а на Π_1 и Π_2 — треугольниками уменьшенной величины. Основание пирамиды $ABCD$ находится в плоскости Π_1 и проецируется на эту плоскость в натуральную величину. Ребра AB и CD — профильно проецирующие, а ребра AD и BC — фронтально проецирующие прямые. Боковые ребра SA, SB, SC, SD — прямые общего положения, которые не проецируются в натуральную величину ни на одну из данных плоскостей проекций.

Видимость элементов пирамиды. На горизонтальной проекции видимыми будут все четыре боковые грани, на плоскости $П_2$ видимой будет грань *ASB*, а на плоскости $П_3$ — грань *ASD*. Грани *ASD* и *BSC* проецируются отрезками прямых на плоскость $П_2$, а грани *CSD* и *ASB* — на плоскость $П_3$. Задняя невидимая грань *CSD* сливается с контуром передней грани *ASB* на фронтальной плоскости, а *CSB* и *ASD* — на профильной.

Определение проекций точек, лежащих на поверхности пирамиды. На рис. 145, *а* задана горизонтальная проекция точки *N*, лежащей на ребре *AS*. Исходя из условия, что точка принадлежит прямой, если ее проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой, проводят вертикальную и горизонтальную линии связи и определяют фронтальную и профильную проекции N_2 и N_3. На передней грани *ASB* находится точка *F*, причем задана ее фронтальная проекция F_2. Горизонтальную проекцию F_1 можно определить двумя способами.

Первый заключается в том, что используют собирательные свойства профильно проецирующей грани *ASB*. На плоскости $П_3$ эта грань изображается отрезком A_3S_3. Проводя из F_2 горизонтальную линию связи, определяют профильную проекцию F_3 и по двум проекциям находят горизонтальную проекцию F_1.

При втором способе решения через точку в плоскости грани *ASB* проводят вспомогательную прямую (рис. 145, *а*). Фронтальная проекция F_2E_2 этой прямой проведена параллельно A_2B_2, следовательно, и горизонтальная проекция пройдет параллельно A_1B_1. Опуская из F_2 вертикальную линию связи до пересечения с E_1F_1, определяют горизонтальную проекцию F_1.

Размеры пирамиды. Прямую пирамиду с прямоугольным основанием характеризуют три размера: 32 и 54 *мм*, определяющие основание пирамиды, и 50 *мм* — высота пирамиды (рис. 145, *а*).

Построение развертки пирамиды. Для построения развертки пирамиды нужно определить натуральную величину всех ее ребер. Ребра основания проецируются в истинную величину на плоскость $П_1$. Натуральную величину одного из ребер, например *SA*, определяют способом вращения (рис. 145, *а*) вокруг оси, проходящей через вершину пирамиды *S* перпендикулярно к ее основанию. Горизонтальная проекция ребра после вращения займет положение $S_1\overline{A}_1$, параллельное оси *Ox*. На фронтальной плоскости проекций A_2 перемещается в положение $\overline{A}_2$. Прямая $S_2\overline{A}_2$ — натуральная величина бокового ребра пирамиды.

Из произвольной точки *S* (рис. 145, *в*) радиусом, равным натуральной величине бокового ребра, т. е. $SD = S_2\overline{A}_2$, проводят дугу окружности, на которой засекают четыре хорды, соответственно равные сторонам основания пирамиды, например: $AD = A_1D_1$; $AB = A_1B_1$; ... Соединяя точки *S*, *D*, *A*, *B*, *C*, *D*, *S*, получают развертку боковой поверхности. Достраивают прямоугольник основания пирамиды.

Наносят на развертку точки *N* и *F*. При вращении ребра *SA* до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций, точка *N*, лежащая на этом ребре, перемещается в положение $\overline{N}$. Измеряют ве-

личину отрезка $S_2\overline{N}_2$ и откладывают ее на развертке ($SN = S_2\overline{N}_2$). Если вращать ребро BS до положения, параллельного плоскости проекций Π_2, точка E_2 переместится параллельно оси Ox и займет положение $\overline{E}_2$. Откладывают на ребре BS развертки отрезок $SE = S_2\overline{E}_2$. Из точки E проводят прямую EF, параллельную ребру AB, и находят на этой прямой точку F ($EF = E_1F_1$).

Построение аксонометрического изображения. На рис. 145, *б* пирамида показана в прямоугольной диметрии. Проводят аксонометрические оси x', y', z'. Построение начинают с основания пирамиды, откладывая по оси x' длину прямоугольника, т. е. 54 *мм*, а по оси y' — половину ширины прямоугольника, т. е. 16 *мм*. Основание пирамиды изображается в аксонометрии в виде параллелограмма. Из точки O' по оси z' откладывают высоту пирамиды (50 *мм*) и найденную проекцию вершины S' соединяют с вершинами основания пирамиды — точками A', B', C', D'. Невидимые ребра пирамиды наводят штриховой линией.

Для изображения в аксонометрии точек N и F использовано правило пропорционального деления (заметим, что аксонометрия — это параллельная проекция, поэтому для нее сохраняются все законы параллельного проецирования, и в частности, свойство пропорционального деления). Из точки S' под произвольным углом проводят прямую, на которой откладывают соответственно отрезки $S'N_0 = S_2N_2$ и $N_0A_0 = N_2A_2$. Соединяют точку A_0 с A', а из точки N_0 проводят прямую N_0N', параллельную A_0A'; точка N' — искомая проекция точки N. Аналогично найдена точка E'. Из E' проводят прямую $E'F' \parallel A'B'$ и откладывают $E'F' = E_1F_1$.

Упражнение. На рис. 146 изображена правильная пятиугольная пирамида на комплексном чертеже и в аксонометрии. Поясните выполненное построение.

13.4. Цилиндр

Если прямоугольник $ABCD$ вращать вокруг одной из его сторон, например CD (рис. 147, *а*), то противоположная сторона AB опишет цилиндрическую поверхность, а малые стороны прямоугольника AD и BC опишут две плоскости, имеющие форму кругов.

Цилиндром называется тело, ограниченное цилиндрической поверхностью и двумя параллельными плоскостями (основаниями).

Прямая i — *ось цилиндра,* а отрезок AB — его *образующая.* Расстояние между плоскостями оснований цилиндров называется *высотой.* Цилиндры разделяются на *прямые* (рис. 147, *а*) и *наклонные* (рис. 147, *б*). Прямым называется цилиндр, у которого образующие перпендикулярны к основанию. Технические детали чаще всего имеют форму прямых круговых цилиндров.

Построение проекций цилиндра на комплексном чертеже. Нужно построить проекции прямого кругового цилиндра, диаметр основания которого равен 40 *мм*, а высота — 50 *мм*. Ось цилиндра перпендикулярна к плоскости Π_1 (рис. 148, *а*). На горизонтальную плоскость цилиндр проецируется в виде круга диаметром 40 *мм*, а на плоскости

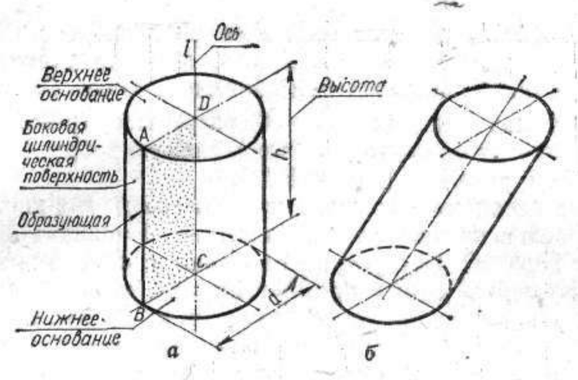


Рис. 147

Π_2 и Π_3 — в виде прямоугольников, высота которых равна высоте цилиндра (50 *мм*), а ширина — диаметру основания (40 *мм*).

Анализ чертежа цилиндра. Нижнее основание цилиндра находится в плоскости Π_1, а верхнее параллельно этой плоскости и отстоит от нее на расстоянии 50 *мм*. На горизонтальную плоскость проекций оба основания проецируются в натуральную величину, т. е. в круг диаметром 40 *мм*. Проекцией боковой цилиндрической поверхности на эту плоскость является окружность. Образующие этой поверхности занимают горизонтально проецирующее положение и изображаются на Π_1 в виде точек. Эта окружность обладает собирательным свойством, так как она является следом-проекцией цилиндрической поверхности. Поэтому все точки, линии и фигуры, принадлежащие цилиндрической поверхности, совпадают с этой окружностью.

Образующие AB и CD, ограничивающие прямоугольник на фронтальной плоскости, называются *очерковыми образующими*. На плоскости Π_3 проекции этих образующих сливаются с осью симметрии. Образующие EK и FL — *очерковые относительно профильной плоскости проекций.*

Видимость элементов цилиндра. На плоскости Π_1 видимым будет лишь плоскость верхнего основания цилиндра. На фронтальной плоскости видима передняя часть цилиндрической поверхности. Проекции очерковых образующих A_2B_2 и C_2D_2 отделяют видимую часть поверхности цилиндра от невидимой. На профильной плоскости видима левая часть цилиндра.

Определение точек, лежащих на поверхности цилиндра. Задана фронтальная проекция линии, лежащей на цилиндрической поверхности. Отмечают характерные точки этой линии: *1*, *4* — крайние точки; *1*, *3* — точки, принадлежащие очерковым образующим, *2* — промежуточная, или случайная, точка. Горизонтальные проекции всех этих точек совпадают с очерком окружности, т. е. с горизонтальной проекцией цилиндрической поверхности. Координатным способом определяют профильные проекции точек и соединяют их плавной кривой. Часть кривой 3_34_3 невидима, так как она лежит на невидимой половине поверхности цилиндра — за очерковой образующей.

Размеры и число проекций цилиндра. Прямой круговой цилиндр определяется двумя размерами: диаметром окружности основания

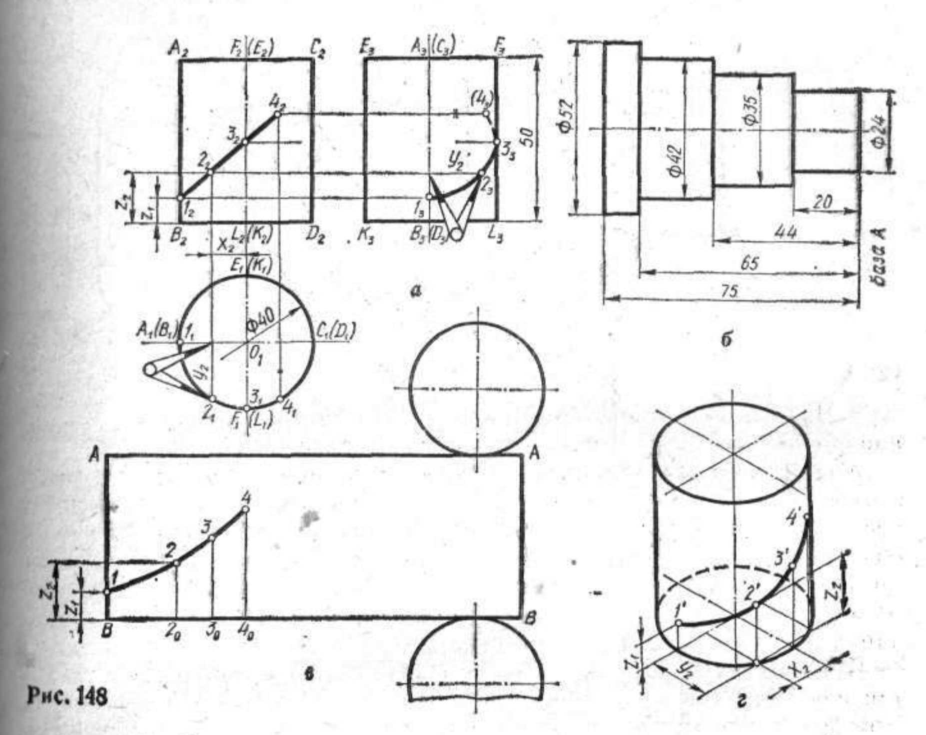


Рис. 148

и высотой. Если техническая деталь имеет цилиндрическую форму, то для ее изображения достаточно одной проекции, так как знак ∅ свидетельствует о том, что деталь имеет форму тела вращения.

На рис. 148, *б* в одной проекции изображен ступенчатый цилиндрический валик. Обратите внимание на то, что размеры, указывающие длину отдельных ступеней, проставлены от одной размерной базы *А*, что отвечает технологии изготовления детали. Вначале валик протачивают по диаметру 52 *мм* на всю его длину. Затем обрабатывают первую ступень диаметром 42 *мм* на длине 65 *мм*. После этого обрабатывают вторую ступень диаметром 35 *мм* на длине 44 *мм* и т. д. Правильное нанесение размеров указывает на последовательность технологии изготовления детали на станке.

Развертка цилиндра (рис. 148, *в*). Разверткой боковой поверхности цилиндра является прямоугольник, длина которого равна длине окружности основания цилиндра (в нашем случае $\pi d = 3{,}14 \cdot 40 = 125{,}6$ *мм*), а высота равна высоте цилиндра (50 *мм*). Для получения полной развертки добавляют верхнее и нижнее основания цилиндра, т. е. два круга диаметром 40 *мм*.

Чтобы перенести на развертку линию *1—2—3—4*, на основании прямоугольника откладывают длины дуг окружности между точками 1_1, 2_1, 3_1, 4_1 (приближенно можно откладывать длины соответствующих хорд). Из точек B, 2_0, 3_0, 4_0 проводят вертикальные прямые, на которых откладывают высоты отдельных точек, например: $B1 = z_1$; $2_02 = z_2$ и т. д. Точки *1, 2, 3, 4* соединяют плавной кривой.

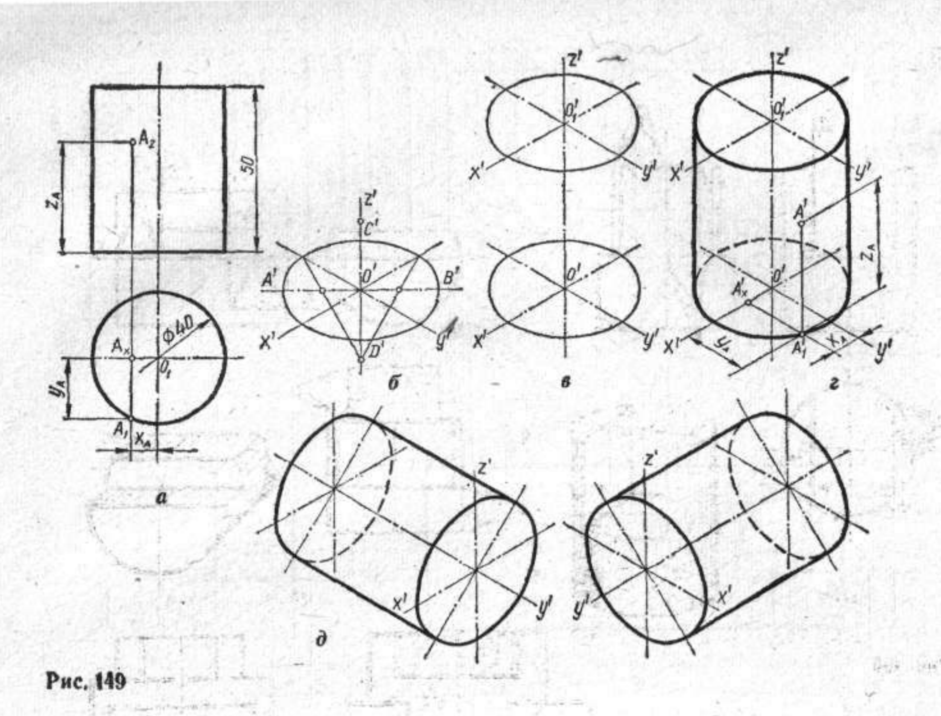


Рис. 149

Построение аксонометрического изображения цилиндра. На рис. 148, *г* цилиндр изображен в прямоугольной изометрии. Последовательность построения указана на рис. 149. Проводят аксонометрические оси x', y', z' и строят изображение нижнего основания цилиндра. Окружность проецируется в эллипс, вычерчиваемый упрощенно как овал (см. с. 111). Из точки O' на оси z' откладывают отрезок $O'O_1'$, равный высоте цилиндра, и строят изометрическое изображение верхнего основания цилиндра, которое по форме и размерам совпадает с изображением нижнего основания. Проводят касательные к очеркам эллипсов и получают изображение цилиндра в изометрии. При помощи трехзвенной координатной ломаной линии (см. с. 137) находят изображение точек $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ (рис. 148, *г*) в изометрии (на рис. 149, *г* обозначены координаты только точки A). Полученные точки соединяют плавной кривой. На рис. 149, *д* левый цилиндр изображен в положении, перпендикулярном к плоскости $П_2$, а правый — в положении, перпендикулярном к плоскости $П_3$.

На рис. 150, *а* изображены три проекции цилиндра, в котором сделан вырез горизонтальной плоскостью γ и двумя профильными плоскостями — α и β. Плоскость γ пересекает цилиндр по окружности, диаметр которой равен диаметру основания. На плоскости $П_1$ проекция этой окружности совпадает с проекцией основания цилиндра. Профильная плоскость α пересекает боковую поверхность по образующим AC и BD. Перенося циркулем-измерителем размер y_D, определяют профильные проекции образующих — A_3C_3 и B_3D_3. Пересечение горизонтальной плоскости γ с профильной α дает прямую CD, перпен-

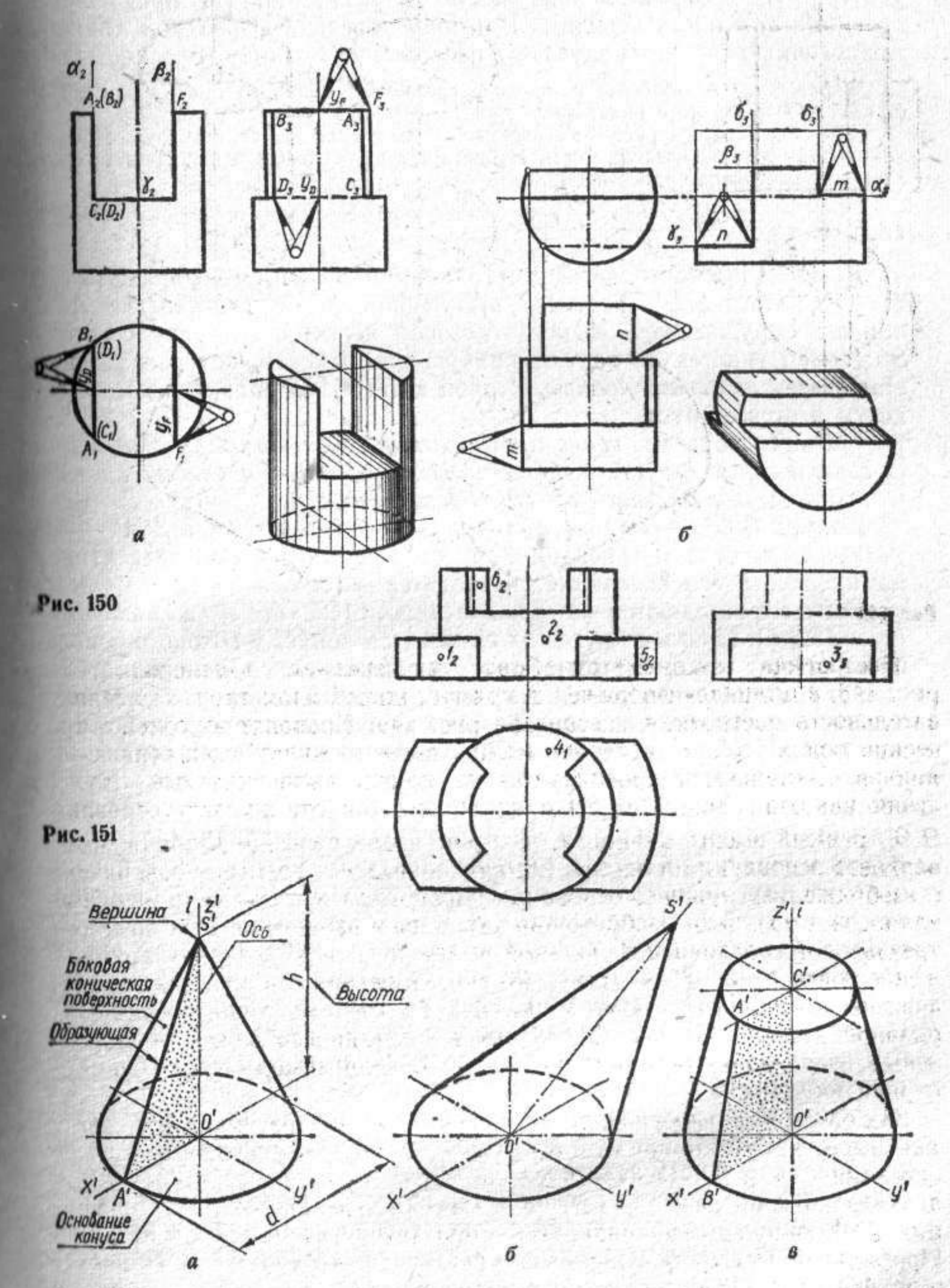


Рис. 150

Рис. 151

Рис. 152

дикулярную к фронтальной плоскости проекций. На профильной проекции эта линия невидима и потому наведена штриховой линией. Аналогичную картину получают в пересечении цилиндра плоскостью β.

Упражнение 1. Поясните построение срезанного цилиндра (рис. 150, *б*). Постройте развертку этого цилиндра.

Упражнение 2. На рис. 151 изображена техническая деталь, которая состоит из комбинации цилиндрических форм. Найдите проекции недостающих видимых точек, которые лежат на поверхности детали.

13.5. Конус

Возьмем прямоугольный треугольник $A'S'O'$ и будем вращать его вокруг катета $S'O'$ (рис. 152, *а*). Любая точка гипотенузы $A'S'$ опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна к катету $S'O'$. Вся гипотенуза опишет кривую поверхность, которая называется *конической поверхностью*. Второй катет $O'A'$ опишет часть плоскости в форме круга.

Таким образом, *конус представляет собой геометрическое тело, ограниченное боковой конической поверхностью и плоскостью основания, пересекающей все его образующие.*

Прямая $S'O'$ — *ось конуса,* точка S' — его *вершина,* а $S'A'$ — *образующая конуса.* Перпендикуляр, опущенный из вершины конуса на плоскость его основания, называется *высотой.*

Конусы разделяются на *прямые* (рис. 152, *а*, *в*) и *наклонные* (рис. 152, *б*). Прямым круговым называется конус, у которого основанием служит круг, а высота проходит через центр основания. На рис. 152, *в* изображен усеченный конус, который можно рассматривать как геометрическое тело, образованное вращением прямоугольной трапеции вокруг боковой стороны $C'O'$, перпендикулярной к основанию.

Построение проекций конуса на комплексном чертеже. Нужно построить проекции прямого кругового конуса, диаметр основания и высота которого равны 50 *мм*. Ось конуса перпендикулярна к плоскости Π_1 (рис. 153, *а*). На горизонтальную плоскость конус проецируется в круг диаметром 50 *мм*, центр которого — проекция вершины конуса ($S_1 \equiv O_1$). На плоскостях Π_2 и Π_3 конус изобразится равнобедренным треугольником, основание которого равно диаметру окружности (50 *мм*), а высота—высоте конуса (50 *мм*).

Анализ чертежа конуса. Основание конуса лежит в плоскости Π_1 и проецируется на эту плоскость в натуральную величину. Боковая поверхность конуса — это криволинейная поверхность, образующие которой проходят через общую точку S — вершину конуса. Образующие AS и BS являются очерковыми (крайними) по отношению к плоскости проекций Π_2 и делят боковую поверхность конуса на две части — переднюю и заднюю. Образующие CS и DS — очерковые по отношению к плоскости проекций Π_3. Эти образующие являются прямыми уровня и проецируются соответственно на Π_2 и Π_3 в натуральную величину. Все остальные образующие занимают в пространстве общее положение.

Видимость элементов конуса. На плоскости Π_1 видимой будет вся боковая поверхность конуса. На фронтальной плоскости проекций

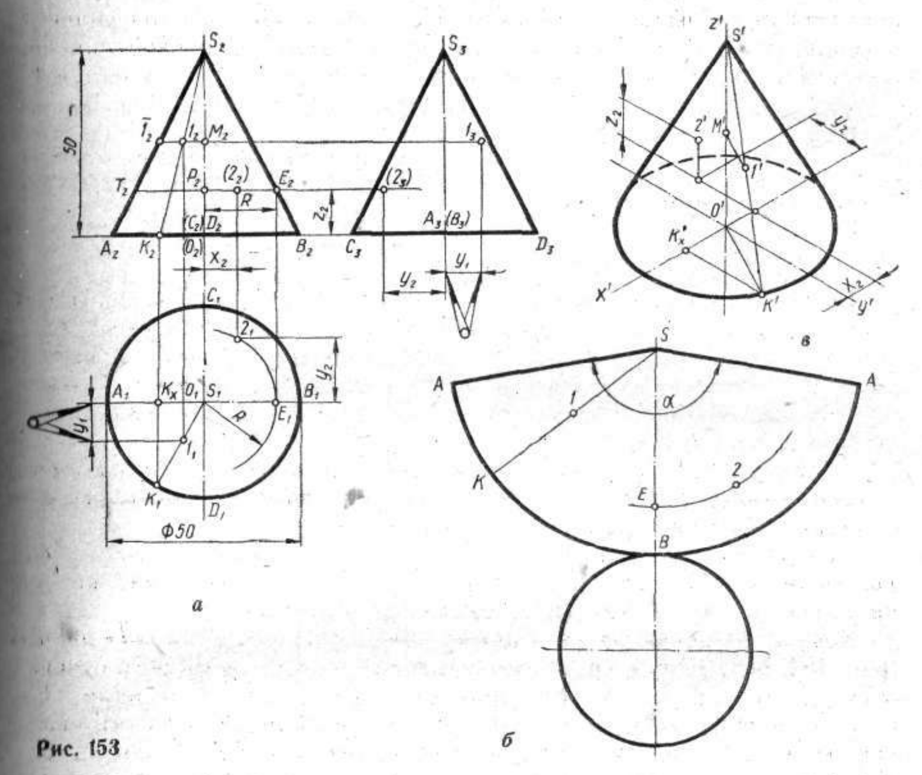


Рис. 153

видима передняя часть конической поверхности, ограниченная образующими AS и BS, а на профильной — левая часть конуса, ограниченная проекциями образующих CS и DS.

Определение проекций точек, лежащих на поверхности конуса. Для этого в качестве вспомогательных линий используют образующие или окружности, лежащие на поверхности конуса. Например, нужно определить горизонтальную и профильную проекции точки *1*, если известна ее фронтальная проекция 1_2 (рис. 153, *а*). Через 1_2 и S_2 проводят фронтальную проекцию S_2K_2 образующей конуса. Определяют ее горизонтальную проекцию S_1K_1 и на пересечении этой проекции с линией связи, проведенной из 1_2, получают искомую проекцию 1_1. Используя координату y_1 этой точки, находят профильную проекцию 1_3.

Другой способ применен для определения горизонтальной проекции точки *2*. Через точку 2_2 проводят вспомогательную окружность, лежащую на поверхности конуса. Фронтальная проекция этой окружности изобразится отрезком E_2T_2, равным диаметру вспомогательной окружности. Радиусом $R = \frac{E_2T_2}{2}$ из центра O_1 на плоскости Π_1 проводят окружность. Пересечение этой окружности с линией связи, проведенной из точки 2_2, определяет проекцию 2_1. Профильная проекция 2_3 определена координатным способом.

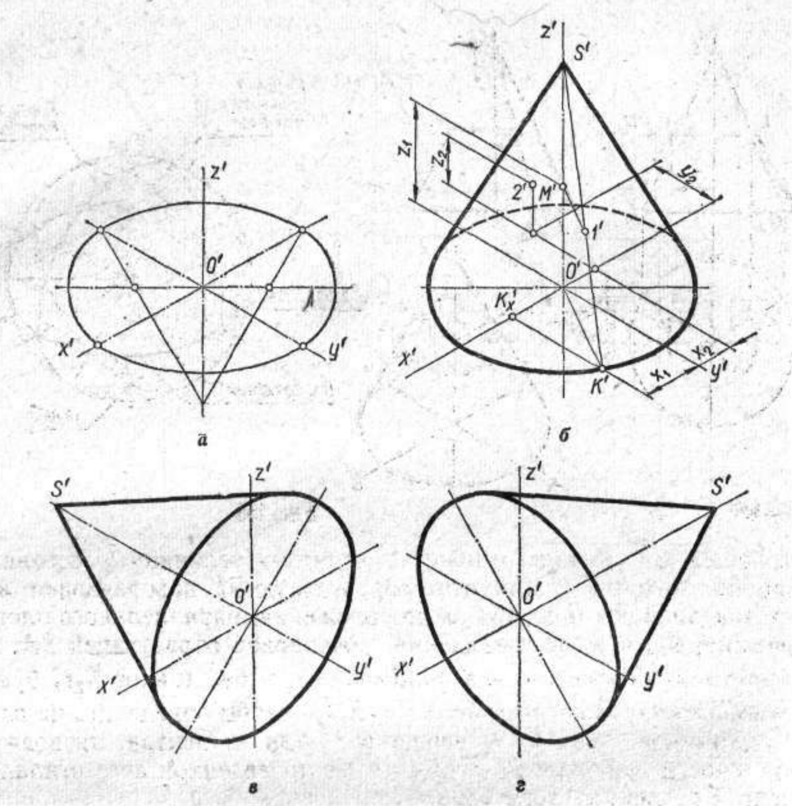


Рис. 154

Размеры и число проекций конуса. Прямой круговой конус определяется двумя размерами: диаметром окружности основания и высотой. Для изображения технической детали, имеющей коническую форму, часто бывает достаточно одной проекции, так как знак диаметра ∅ свидетельствует о том, что деталь имеет форму тела вращения. Усеченный прямой круговой конус определяется тремя размерами.

Развертка конуса. Если разрезать поверхность конуса вдоль его образующей и развернуть эту поверхность на плоскость, то получится развертка боковой поверхности в виде кругового сектора (рис. 153, *б*). Его радиус равен длине образующей l, а длина дуги сектора — длине окружности основания. Угол α при вершине S может быть вычислен по формуле $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{d}{l}$. В нашем примере длина образующей, замеренная на чертеже, $l = 55$ *мм*, диаметр $d = 50$ *мм*, откуда $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{50}{55} \approx 164^\circ$. Пристраивая основание — круг диаметром 50 *мм*, получают полную развертку конуса.

Определяют положение точек *1* и *2* на развертке. Для этого находят на развертке положение образующей SK. Приближенно принимая дугу $\overset{\frown}{A_1K_1}$ равной хорде A_1K_1, откладывают эту величину на развертке от точки A. Полученную точку K соединяют с вершиной S. На об-

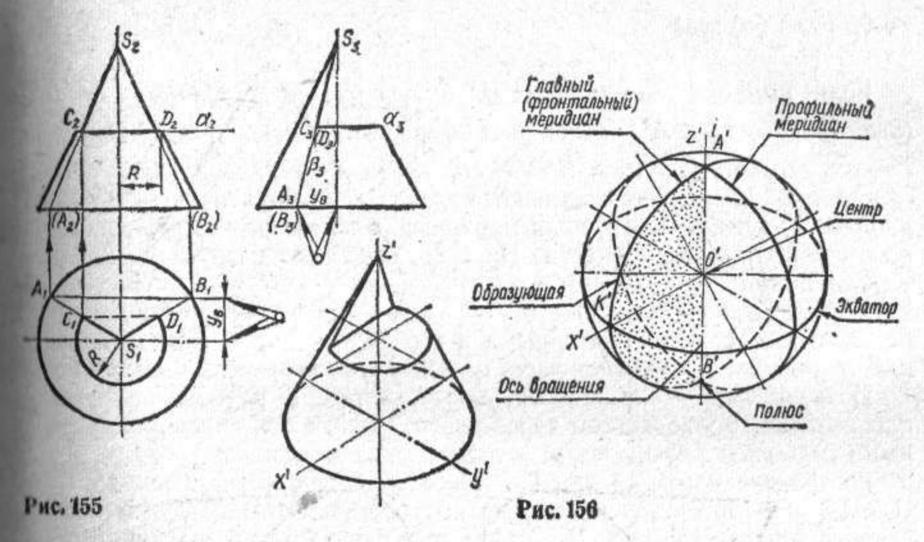


Рис. 155

Рис. 156

разующей SK нужно отложить истинную величину расстояния от вершины до точки 1. Для этого образующую SK поворачивают вокруг вертикальной оси (рис. 153, *а*) до положения, параллельного плоскости проекций Π_2, т. е. до совпадения с очерковой образующей SA. Точка 1_2 при этом переместится в положение $\overline{1}_2$ и расстояние $S_2\overline{1}_2$ будет искомым. Откладывают отрезок $S1 = S_2\overline{1}_2$. Чтобы определить на развертке положение точки 2, из вершины S, как из центра, проводят дугу окружности радиусом $SE = S_2E_2$ и на проведенной дуге откладывают хорду $E2$, равную хорде E_12_1.

Построение изометрического изображения конуса (рис. 153, *в*; 154). Проводят аксонометрические оси x', y' и z' и строят изображение окружности основания конуса (рис. 154, *а*). Из точки O' (рис. 154, *б*) по оси z' откладывают значение высоты конуса и из полученной вершины S' проводят касательные к основанию. Чтобы определить положение точки 1 в изометрии, откладывают по оси x' отрезок $O'K_x' = O_1K_x$ и из точки K_x' проводят прямую, параллельную оси y', до пересечения в точке K' с контуром эллипса. Прямая $S'K'$ — образующая, на которой лежит точка 1. По оси z' откладывают координату z_1 этой точки ($z_1 = O_2M_2 = O'M'$) и из точки M' проводят прямую $M'1' \parallel O'K'$ ($O'K'$ — вторичная проекция образующей SK). Точка $1'$ — изображение в изометрии точки 1. Точка $2'$ на рис. 154, *б* определена координатным способом.

На рис. 154, *в* показан в изометрии прямой круговой конус, ось которого перпендикулярна к плоскости проекций Π_2, а на рис. 154, *г* — конус, ось которого перпендикулярна к плоскости Π_3.

Упражнение. На рис. 155 изображен конус, пересеченный горизонтальной плоскостью α и профильно проецирующей плоскостью β. Объясните произведенное построение.

13.6. Шар (сфера)

Если полуокружность $A'K'B'$ вращать вокруг диаметра $A'B'$ (рис. 156), то дуга $\widehat{A'K'B'}$ опишет сферическую поверхность. Прямая i — *ось вращения*, дуга $\widehat{A'K'B'}$ — *образующая поверхности*. Все точки сферической поверхности одинаково удалены от одной точки — *центра шара* O'. Произвольная прямая, проходящая через центр шара, является *осью симметрии* поверхности. На шаре выделяют следующие характерные линии:

1) *параллели* — окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, перпендикулярными к его вертикальной оси. *Наибольшая параллель, проходящая через центр шара, называется экватором*;

2) *меридианы* — окружности, образованные в пересечении шара плоскостями, проходящими через вертикальную ось вращения. *Главными являются фронтальный и профильный меридианы.*

Построение проекций шара. На все три плоскости проекций Π_1, Π_2 и Π_3 шар проецируется в виде кругов, диаметры которых равны диаметру шара. На рис. 157 изображены проекции шара диаметром 55 *мм*. Экватор проецируется на горизонтальную плоскость в окружность, фронтальной и профильной проекцией которой будут отрезки C_2D_2 и E_3F_3. Фронтальный меридиан проецируется в окружность на плоскость Π_2, а на плоскости Π_1 и Π_3 — в отрезки C_1D_1 и A_3B_3, равные диаметру шара и параллельные осям проекций. Профильный меридиан проецируется в окружность на плоскость Π_3, а на Π_1 и Π_2 — в отрезки E_1F_1 и A_2B_2.

Видимость поверхности шара. На горизонтальной плоскости экватор делит шар на верхнюю видимую и нижнюю невидимую части. На плоскости Π_2 фронтальный меридиан является границей между передней видимой и задней невидимой частями шара. На плоскости Π_3 профильный меридиан отделяет левую видимую часть шара от правой невидимой.

Построение проекций точек на поверхности шара. На рис. 157 изображена фронтальная проекция M_2 точки M. Чтобы определить две другие ее проекции, проводят через точку M вспомогательную окружность — параллель шара диаметром K_2T_2. Радиусом $R = \frac{K_2T_2}{2}$ строят окружность на плоскости проекций Π_1 и из M_2 проводят линию связи до пересечения с окружностью в точке M_1. Профильная проекция определена координатным способом.

Самостоятельно рассмотрите и поясните построение проекций точек N и P, лежащих на поверхности шара.

Построение изометрического изображения шара. В прямоугольной изометрии шар проецируется в окружность. Диаметр этой окружности равен $1{,}22d$. Чтобы изображение было наглядным, в аксонометрии принято изображать проекции трех главных окружностей, расположенных в плоскостях Π_1, Π_2 и Π_3, т. е. строить проекции экватора, фронтального и профильного меридианов. Такое построение последовательно выполнено на рис. 158, *а* — *г*. Нужно помнить, что малая

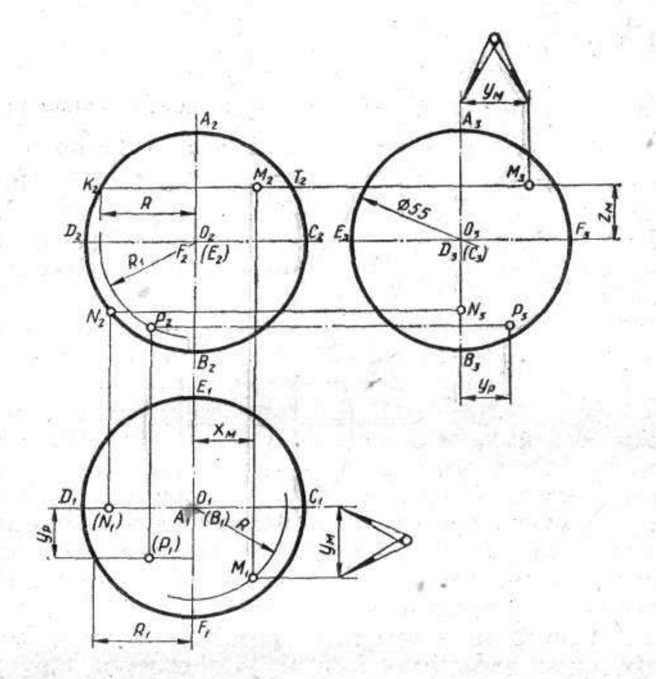


Рис. 157

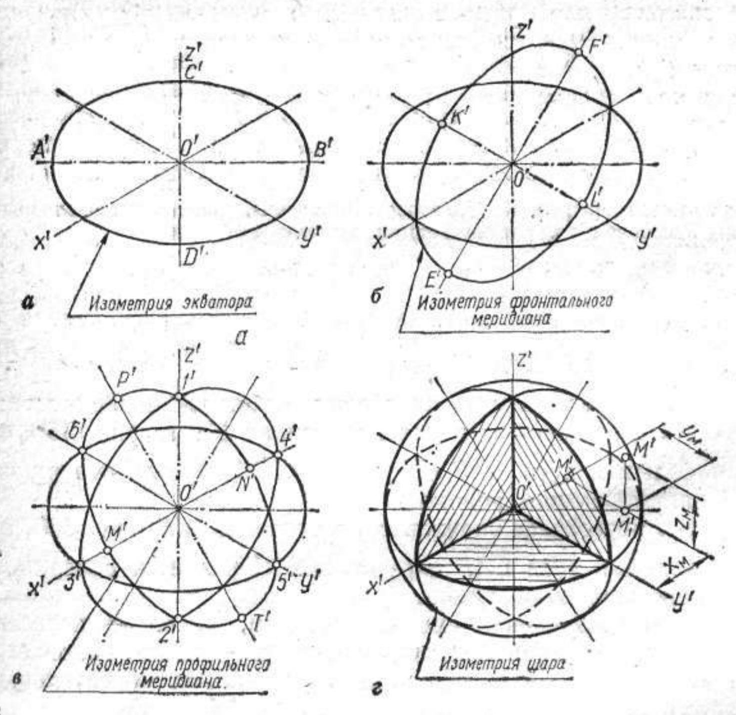


Рис. 158

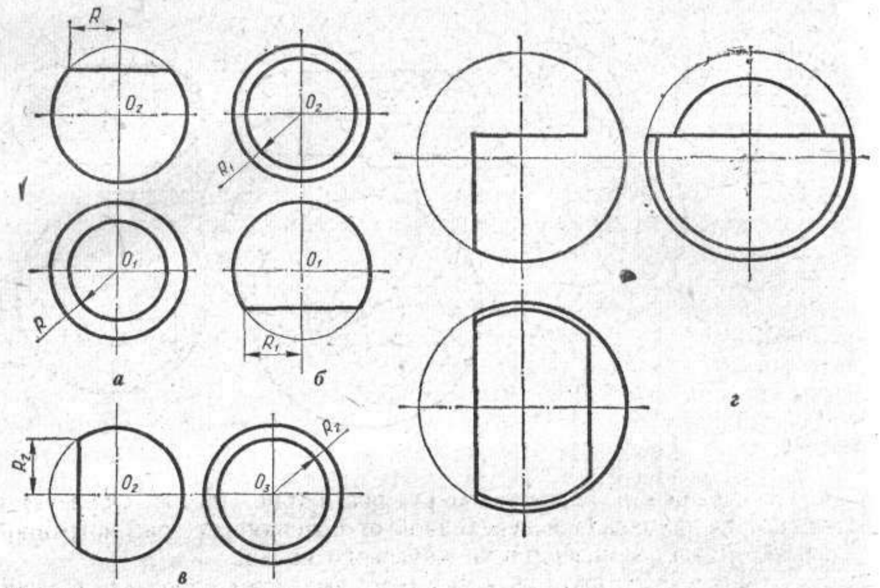


Рис. 159

ось каждого эллипса, в которую проецируется окружность, совпадает с направлением аксонометрической оси, перпендикулярной к плоскости изображаемой окружности. Характерными точками пересечения меридианов и экватора с аксонометрическими осями являются точки $1'$, $2'$, $3'$, ... (рис. 158, *в*). Обратите внимание на видимость отдельных элементов этих трех эллипсов в изометрии. На рис. 158, *г* часть шара вырезана и сечения заштрихованы. Точка *M* перенесена на аксонометрическое изображение шара координатным способом.

Упражнение. На рис. 159, *а-г* изображены шары, рассеченные различными плоскостями. Рассмотрите и поясните произведенные построения.

13.7. Тор

Тором называется поверхность, образованная вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр (рис. 160).

Возможны такие случаи образования торовой поверхности:

1. Ось *i* пересекает окружность в точках *E* и *F* (рис. 160, *а*). Вращается большая дуга $\overset{\frown}{EAF}$ окружности. Образуется поверхность, по форме напоминающая яблоко.

2. Ось *i* пересекает окружность в точках *E* и *F* (рис. 160, *б*). Вращается меньшая дуга $\overset{\frown}{EAF}$ окружности. Образуется поверхность, по форме напоминающая лимон.

3. Ось *i* размещена вне окружности, т. е. не пересекает ее (рис. 160, *в*). При вращении образуется поверхность, называемая *круговым кольцом*. Поверхность кольца напоминает спасательный круг или автомобильную камеру.

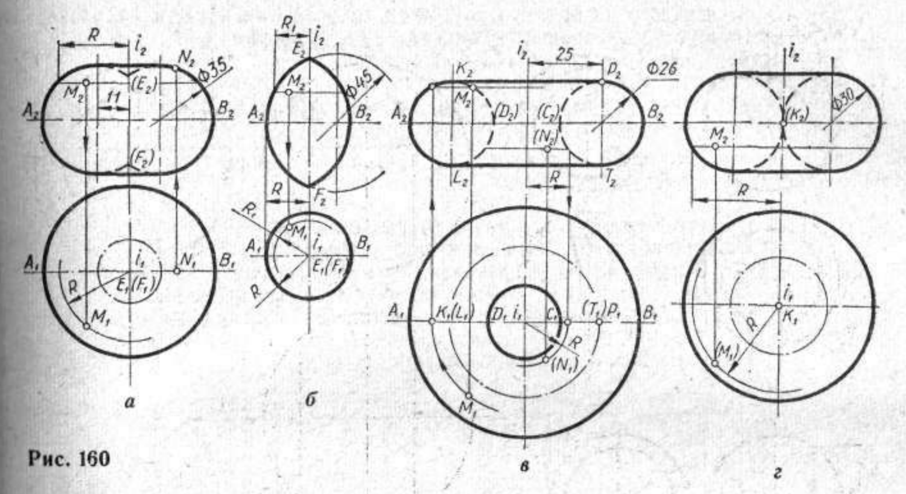


Рис. 160

4. Ось вращения i касается окружности (рис. 160, *г*). Образуется поверхность, являющаяся переходной от поверхности, рассмотренной в первом случае, к поверхности кругового кольца.

На поверхности тора, как и на сфере, выделяют *параллели* и *меридианы*. Наибольшая параллель называется *экватором*, а меридианы, параллельные плоскостям Π_2 и Π_3, называются соответственно *фронтальным* и *профильным*. Найдите и укажите эти линии на рис. 160, *в*.

Построение проекций тора для всех случаев показано на рис. 160.

Видимость поверхности тора. На плоскости Π_1 видимой будет та часть поверхности тора, которая лежит выше экватора. Следовательно, дуга $\overset{\frown}{AKD}$ (рис. 160, *в*) при вращении окружности вокруг оси i образует видимую часть поверхности тора, а дуга $\overset{\frown}{ALD}$ — невидимую. На плоскости Π_2 видимой будет та часть поверхности, которую описывает дуга $\overset{\frown}{KAL}$, а невидимой — часть поверхности, описываемая дугой $\overset{\frown}{KDL}$. Фронтальный меридиан, создающий очерк поверхности на плоскости проекций Π_2, является границей, отделяющей видимую часть поверхности от невидимой на плоскости Π_2.

Определение проекций точек, лежащих на поверхности тора. Построение проекций точек на поверхности тора выполняют при помощи параллелей, как и на поверхности сферы. Рассмотрите и поясните построение точек M и N на рис. 160, *в*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Определение призмы. Как разделяются призмы? Основные элементы призмы.
2. Как построить развертку треугольной прямой призмы?
3. Дайте определение пирамиды. Как разделяются пирамиды?
4. Основные элементы пирамиды. Построение развертки четырехугольной пирамиды?
5. Как определить проекции точек, лежащих на поверхности пирамиды?
6. Дайте определение цилиндра. Назовите основные элементы цилиндра.
7. Как строится изображение цилиндра в прямоугольной изометрии? Как показать в изометрии точки, лежащие на поверхности цилиндра?
8. Дайте определение конуса. Назовите основные элементы конуса.

9. Как строится развертка прямого кругового конуса? Как нанести на развертку точки, лежащие на поверхности конуса?
10. Как построить конус в прямоугольной диметрии?
11. Основные элементы сферы. Как определять точки на поверхности сферы?
12. Дайте определение тора. Назовите различные виды торовой поверхности. Как находить точки, лежащие на поверхности тора?

Упражнение. Выполните задания карт программированного контроля по теме «Проецирование геометрических тел».

Проецирование геометрических тел
Карта программированного контроля № 1

На рис. 161 и 162 изображены модели прямоугольной формы. Определите, каким комплексным изображениям на рис. 161 соответствуют аксонометрические изображения на рис. 162. Пример записи: «рис. 1 отвечает рис. 9А». Правильность ответов проверьте на с. 442.

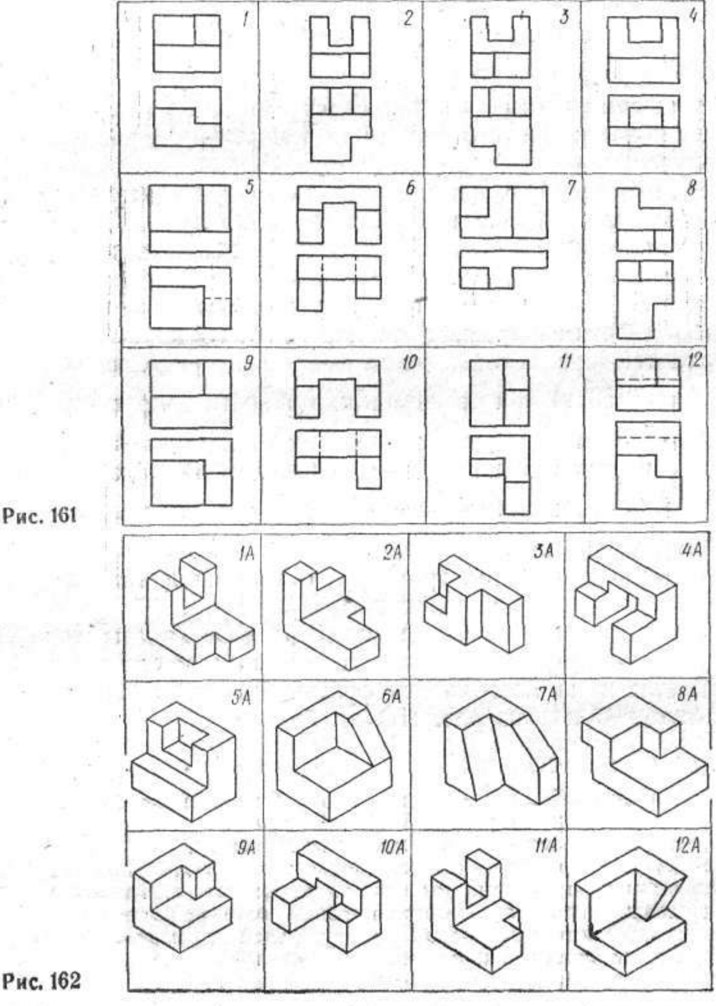


Рис. 161

Рис. 162

Карта программированного контроля № 2

На рис. 163 и 164 изображены модели цилиндрической формы. Определите, каким комплексным изображениям на рис. 163 соответствуют аксонометрические изображения на рис. 164. Пример записи: «рис. 1 отвечает рис. 4А». Правильность ответов проверьте на с. 442.

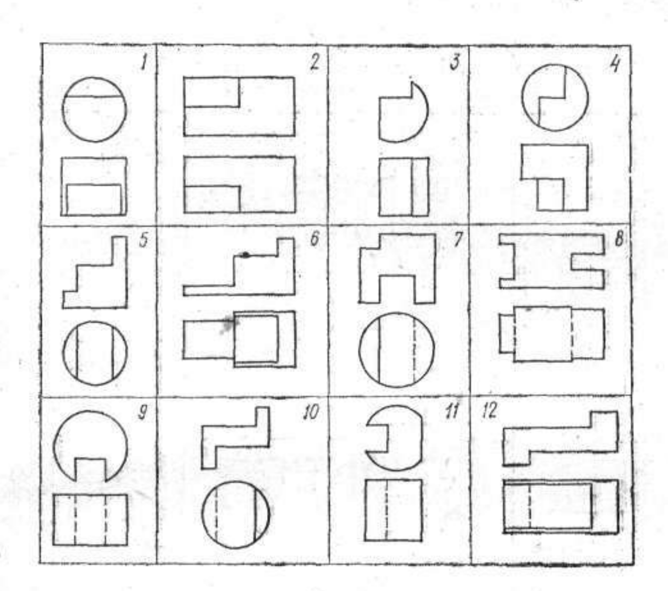


Рис. 163

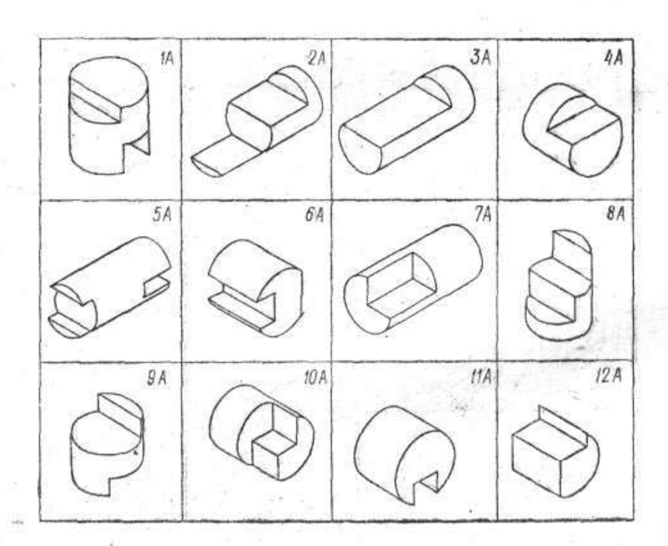


Рис. 164

Карта программированного контроля № 3

На рис. 165 и 166 изображены технические модели. Определите, каким комплексным изображениям на рис. 165 соответствуют аксонометрические изображения на рис. 166. В аксонометрии возможно изменение положения модели относительно координатных осей. Правильность ответов проверьте на с. 442.

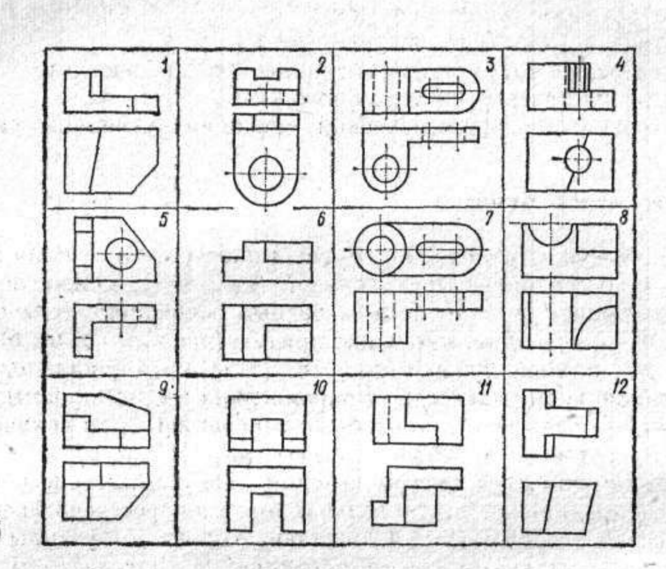


Рис. 165

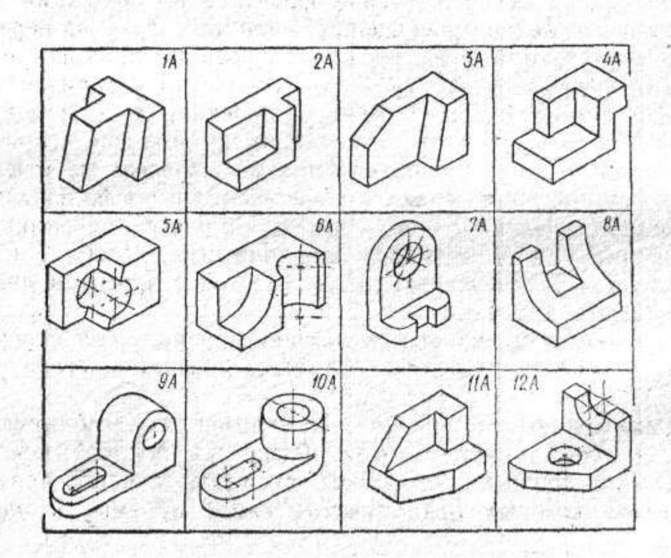


Рис. 166

§ 14. СЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

14.1. Общие положения

При пересечении многогранника плоскостью образуется многоугольник, лежащий в секущей плоскости. Вершины многоугольника — это точки пересечения ребер многогранника, а стороны — линии пересечения его граней с секущей плоскостью.

Каждая задача на пересечение геометрического тела плоскостью состоит из решения таких вопросов:

а) построение проекций фигуры сечения;

б) определение натуральной величины фигуры сечения;

в) построение развертки усеченного тела;

г) построение аксонометрической проекции усеченного тела.

14.2. Пересечение призмы

В зависимости от положения секущей плоскости в сечении призмы, например правильной четырехугольной (рис. 167), можно получить: а) многоугольник, параллельный и равный основанию, если секущая плоскость *I* параллельна основанию призмы (рис. 167, *а*, *б*); б) прямоугольник для прямой призмы (рис. 167, *а*, *в*) или параллелограмм — для наклонной, если плоскость *II* параллельна ребрам призмы; в) многоугольник, не равный и не подобный основанию, если секущая плоскость *III* наклонена к ребрам призмы (рис. 167, *а*, *г*).

Построение проекций фигуры сечения. На комплексном чертеже (рис. 168, *а*) правильная шестиугольная призма пересечена фронтально проецирующей плоскостью σ. Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальным следом-проекцией σ_2, обладающим собирательными свойствами. Проекции вершин фигуры сечения—точки 1_2, 2_2, 3_2 — определяются на пересечении фронтальных проекций боковых ребер призмы со следом-проекцией σ_2, а точки 4_2, 5_2 — на пересечении фронтальных проекций ребер верхнего основания призмы с σ_2. Горизонтальные проекции точек 1_1, 2_1, 3_1 совпадают с горизонтальными проекциями соответствующих ребер, а проекции 4_1 и 5_1 получаются в пересечении проведенных вертикальных линий связи с горизонтальной проекцией верхнего основания призмы. Проведя из точек 1_2, 2_2, 3_2 горизонтальные линии связи до пересечения с профильными проекциями соответствующих боковых ребер, получают проекции 1_3, 2_3, 3_3, а проекции 4_3 и 5_3 получают координатным способом, используя значения y_4 и y_5. Полученные точки соединяют прямыми линиями и и сечения заштриховывают.

Натуральная величина фигуры сечения определена способом параллельного перемещения (рис. 168, *б*). Описание способа дано на с. 126.

Развертка призмы. На рис. 168, *в* построена развертка призмы с нанесенной на ней линией сечения. Развертка боковой поверхности шестиугольной призмы — это шесть последовательных прямоугольников, высота которых равна высоте самой призмы, а ширина —

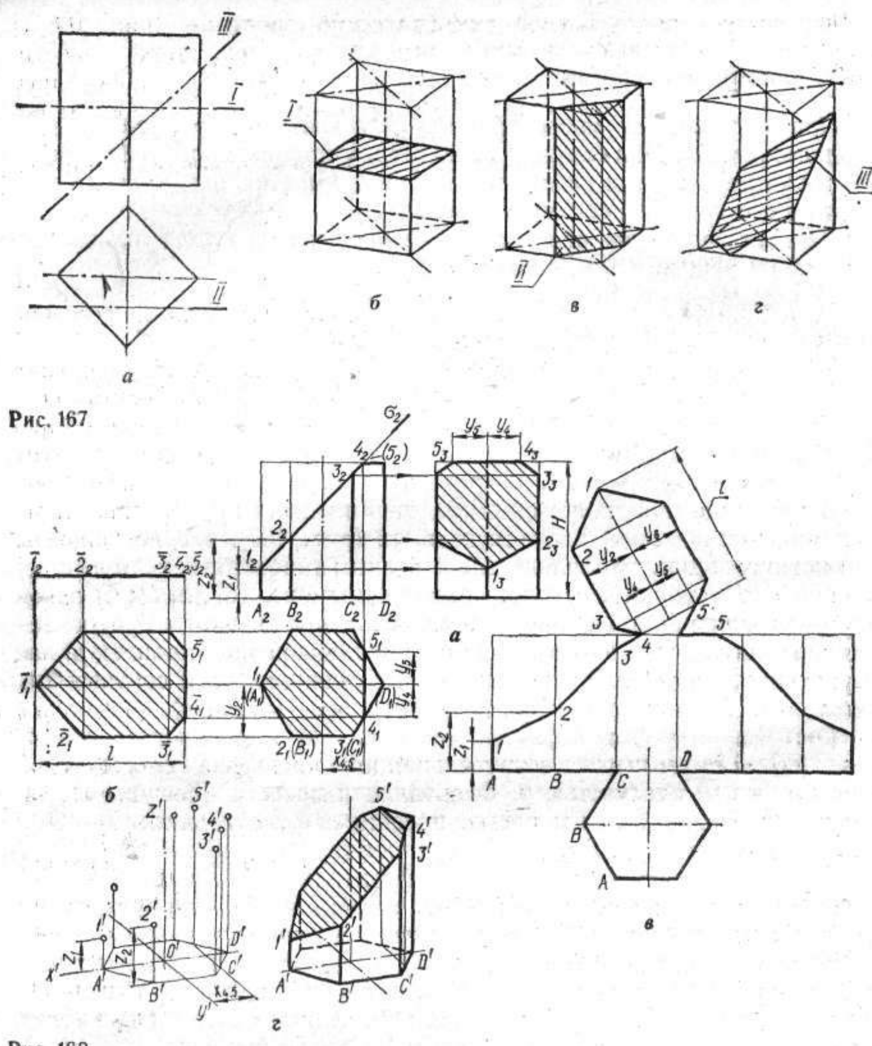


Рис. 167

Рис. 168

стороне ее основания. Развертку следует выполнять так, чтобы показать внешнюю (лицевую) сторону каждой грани. Пристраивая верхнее и нижнее основания, получают полную развертку призмы. На фронтальной или профильной проекциях призмы замеряют отрезки ребер от основания призмы до точек сечения и откладывают их на развертке, например: $A1 = z_1$; $B2 = z_2$; ... К полученной линии сечения пристраивают натуральную величину фигуры сечения.

На комплексном чертеже и на развертке верхнюю отсеченную часть призмы изображают сплошной тонкой линией. Такой же линией изображают промежуточные ребра призмы (линии сгиба) на развертке.

Построение прямоугольной диметрической проекции (рис. 168, *г*) начинают с изображения нижнего основания — правильного шестиугольника. Из вершин шестиугольника восставляют перпендикуляры, на которых, откладывая соответствующие высоты, определяют точки *1'*, *2'*, *3'*, ... фигуры сечения, например: $A'1' = z_1$; $B'2' = z_2$; ... Построение точек *4'* и *5'*, принадлежащих верхнему основанию призмы, видно из чертежа.

14.3. Пересечение пирамиды

На рис. 169, *а* неправильная треугольная пирамида пересечена горизонтально проецирующей плоскостью σ.

Построение проекций фигуры сечения. Горизонтальная проекция фигуры сечения совпадает со следом-проекцией σ_1, обладающим собирательными свойствами. Точки 1_1, 2_1, 3_1 определяют на пересечении следа σ_1 с проекциями A_1B_1; B_1S_1; C_1B_1 ребер пирамиды. Из этих точек проводят вертикальные линии связи до пересечения с фронтальными проекциями соответствующих ребер в точках 1_2 и 3_2. Фронтальная проекция 2_2 точки *2*, лежащей на профильном ребре *BS*, найдена проведением вспомогательной прямой *2K*, горизонтальная проекция которой 2_1K_1 идет параллельно горизонтальной проекции B_1C_1 одной из сторон основания пирамиды, а фронтальная проекция 2_2K_2 — параллельно B_2C_2. По двум проекциям при помощи постоянной прямой построена профильная проекция фигуры сечения — $1_32_33_3$. Точку 2_2 можно было бы определить по предварительно найденной профильной проекции 2_3.

Натуральная величина фигуры сечения определена способом замены плоскостей проекций. Фронтальную плоскость проекций Π_2 заменяют плоскостью Π_4, параллельной плоскости треугольника *1—2—3* сечения. Ось x_1 новой системы плоскостей проекций $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ проводят параллельно горизонтальной проекции треугольника сечения; из точек 1_1, 2_1, 3_1 проводят перпендикуляры к новой оси и откладывают на них от оси x_1 координаты *z* точек *1*, *2*, *3*. Точки 1_4 и 3_4, имеющие нулевые значения координаты *z*, будут лежать на оси x_1. Для определения точки 2_4 откладывают от оси x_1 отрезок z_2. Треугольник $1_42_43_4$ — натуральная величина фигуры сечения.

Развертка пирамиды. Чтобы построить развертку поверхности усеченной пирамиды, вначале строят полную развертку треугольной пирамиды. Эта развертка состоит из трех треугольников — боковых граней — и треугольника основания. Для построения треугольников определяют натуральную величину всех ребер пирамиды. Ребра *AB*, *BC*, *AC* основания пирамиды проецируются в натуральную величину на плоскость Π_1. Ребро *SC*, параллельное фронтальной плоскости проекций, изображается в натуральную величину на ней (проекция S_2C_2). Из тех же соображений натуральной величиной профильного ребра *SB* будет его профильная проекция S_3B_3. Натуральную величину ребра *SA*, которое занимает в пространстве общее положение, определяют способом вращения вокруг оси, проходящей через точку *S*

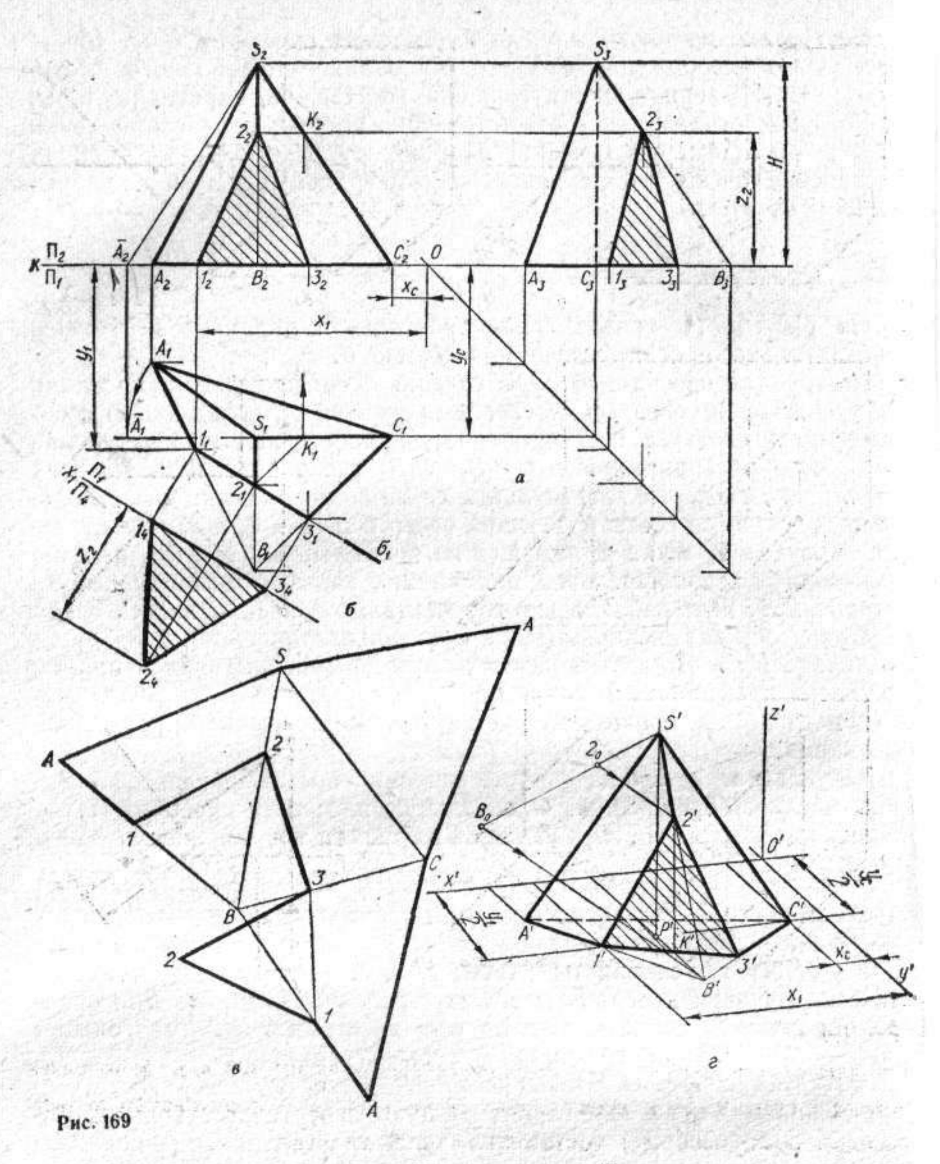


Рис. 169

перпендикулярно к плоскости Π_1. Прямая $S_2\bar{A}_2$ — натуральная величина ребра $S\bar{A}$.

По натуральной величине ребер последовательно строят развертку всех граней пирамиды. Для получения развертки усеченной пирамиды нужно на каждое ребро перенести соответствующую точку фигуры сечения. Так, на ребре SB (рис. 169, *в*) откладывают отрезок $S2$, равный $S_3 2_3$, а на ребрах AB и BC — соответственно отрезки $A1 = A_1 1_1$ и $B3 = B_1 3_1$ (следует помнить, что на развертку переносят отрезки лишь по их действительной величине). После этого к одной из про-

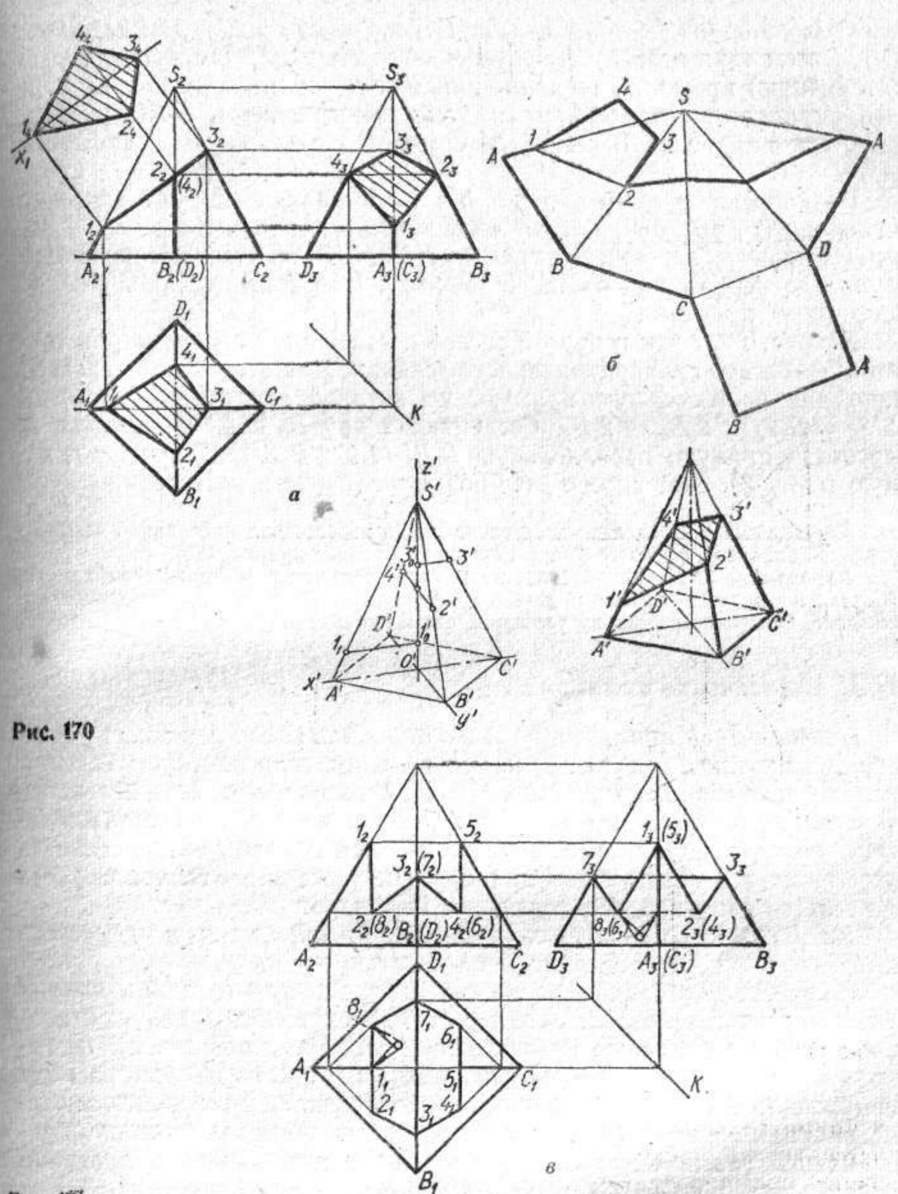


Рис. 170

Рис. 171

веденных прямых, например к *3—1*, пристраивают натуральную величину сечения *1—2—3*.

Построение аксонометрического изображения. На рис. 169, *г* построена диметрическая прямоугольная проекция пирамиды. Для этого прежде всего вычерчивают в диметрии основание пирамиды — треугольник $A'B'C'$. Построение выполняют по координатам вершин

треугольника (на чертеже показаны координаты лишь для вершины C'). Затем таким же путем определяют точку P' — горизонтальную (вторичную) проекцию вершины пирамиды — и откладывают на перпендикуляре, восставленном из этой точки, отрезок $P'S'$, равный высоте h пирамиды. Вершину S' соединяют с вершинами основания A', B', C'.

По координатам x и y точек *1* и *3* определяют их диметрические проекции (на рис. 169, *г* обозначены координаты только точки $1 — x_1$, y_1). Из точки K' пересечения прямых $1'3'$ и $P'B'$ восставляют перпендикуляр до пересечения с $S'B'$ в точке $2'$. Найденные точки $1'$, $2'$, $3'$ соединяют прямыми.

На рис. 169, *г* дан и другой способ построения в аксонометрии точки $2'$ — способ пропорционального деления. Для этого из вершины S' проводят произвольную прямую, на которой откладывают отрезки $S'2_0 = S_2 2_2$ и $2_0 B_0 = 2_2 B_2$. Соединяют точку B_0 с B' и из точки 2_0 проводят прямую, параллельную $B_0 B'$ ($2_0 2' \parallel B_0 B'$). Получают искомую точку $2'$. Этот способ дает бо́льшую точность построения.

Упражнение 1. Объясните построение линии пересечения правильной четырехугольной пирамиды фронтально проецирующей плоскостью (рис. 170).

Упражнение 2. На рис. 171 пирамида пересечена четырьмя плоскостями: двумя фронтально проецирующими и двумя профильными. Поясните произведенное построение. Постройте развертку усеченной части пирамиды.

14.4. Пересечение цилиндра

В пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью могут быть образованы такие фигуры: а) прямоугольник, если плоскость сечения параллельна оси цилиндра (рис. 172, *а*); б) окружность, если плоскость перпендикулярна к оси (рис. 172, *б*); в) эллипс, если плоскость наклонена к оси (рис. 172, *в*). Эллипс получается полным, если плоскость пересекает все образующие цилиндра, и усеченным, если плоскость пересекает одно или оба основания цилиндра.

На рис. 173, *а* изображен прямой круговой цилиндр, пересеченный фронтально проецирующей плоскостью σ.

Построение проекций фигуры сечения. Вначале в тонких линиях выполняют три проекции цилиндра и проводят след σ_2 секущей плоскости. Горизонтальную проекцию основания цилиндра делят на некоторое число равных частей, например на восемь. Точки деления окружности A_1, B_1, C_1, ... одновременно являются и горизонтальными проекциями образующих цилиндра. Проводя из этих точек линии проекционной связи, определяют фронтальные и профильные проекции образующих.

Фронтальные проекции 1_2, 2_2, 3_2, ... точек эллиптического сечения цилиндра совпадают с фронтальным следом-проекцией σ_2 плоскости σ. Следовательно, фронтальная проекция фигуры сечения — отрезок $1_2 5_2$, а горизонтальная проекция эллипса совпадает с окружностью (горизонтальной проекцией цилиндрической поверхности). Проводя из точек 1_2, 2_2, 3_2, ... горизонтальные линии связи до пересечения с профильными проекциями соответствующих образующих, получают про-

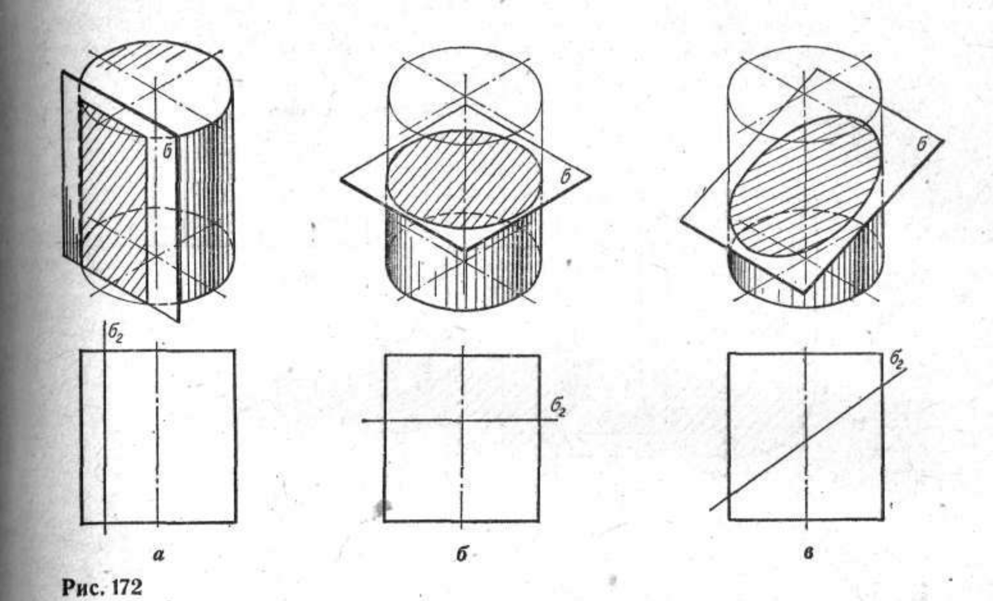


Рис. 172

фильные проекции точек 1_3, 2_3, 3_3, ... По лекалу соединяют полученные точки в плавную кривую — эллипс.

Большой осью эллипса является отрезок $1_2 5_2$, а малой — отрезок $3_1 7_1$, т. е. диаметр цилиндра. Точки *1*, *5*, *3*, *7* служат опорными, а лежащие между ними — промежуточными. Построение линии сечения начинают с определения опорных точек кривой.

На профильную плоскость проекций малая ось эллипса проецируется без искажения, а величина проекции большой оси зависит от угла наклона следа σ_2 к оси Ox. Если этот угол меньше 45°, как в нашем случае, то большая ось эллипса сечения на профильной проекции будет изображена как малая, а малая ось сечения, равная диаметру цилиндра, спроецируется без искажения и будет изображена как большая. Если секущая плоскость наклонена к оси под углом 45°, то профильная проекция сечения изобразится в виде окружности.

Натуральная величина фигуры сечения (рис. 173, *б*) определена способом плоско-параллельного перемещения. Ее можно построить также по большой *1—5* и малой *3—7* осям способом, известным из геометрического черчения.

Разверткой боковой поверхности цилиндра (рис. 173, *в*) является прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра, а длина — длине окружности основания (πd).

Длинную сторону прямоугольника делят на восемь равных частей и из точек деления проводят образующие *A*, *B*, *C*, *D*, ... цилиндра. На этих образующих откладывают измеренные на фронтальной и профильной плоскостях отрезки, равные расстояниям от соответствующих точек сечения до основания цилиндра, например: $A1 = z_1$; $E5 = z_5$ и т. д. Полученные точки *1*, *2*, *3*, ... соединяют по лекалу в плавную

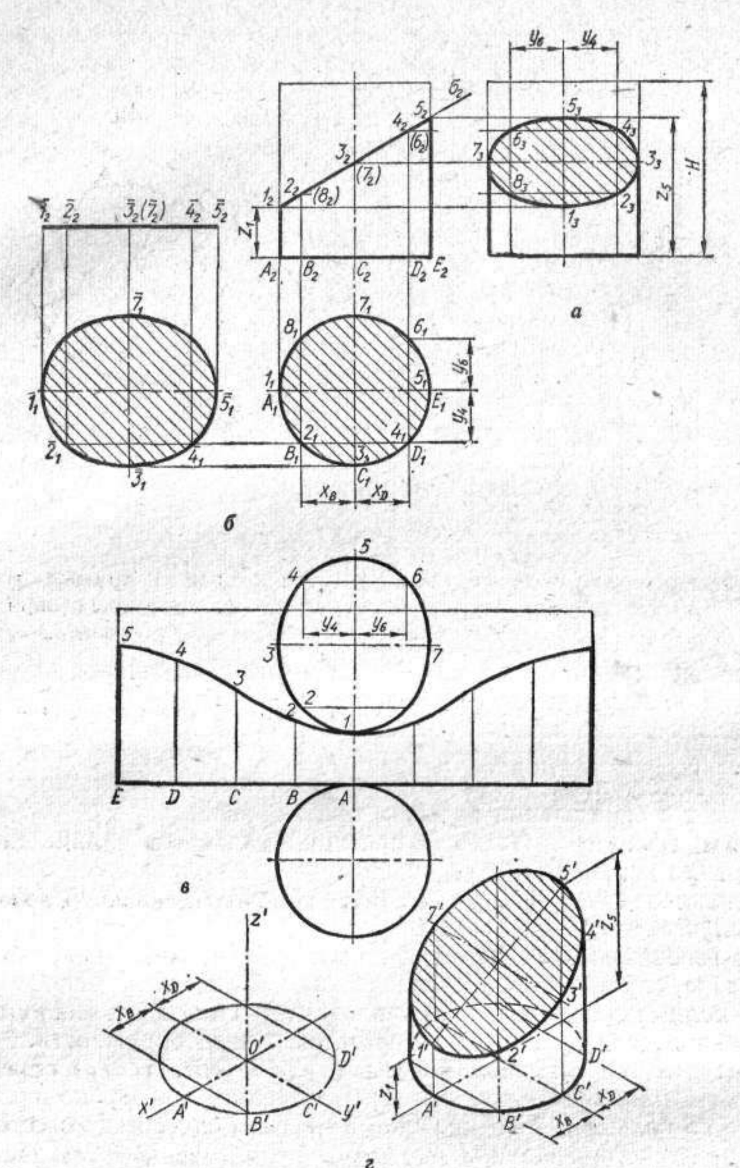


Рис. 173

кривую — развертку линии сечения. К этой линии пристраивают натуральную величину эллипса сечения.

Строят **изометрическую проекцию** нижней усеченной части цилиндра (рис. 173, *г*). Окружность нижнего основания цилиндра изображается в изометрии в виде эллипса (см. с. 109). Используя координаты x_B и x_D, переносят на аксонометрическое изображение точки A', B', C', ... деления основания на равные части и из этих точек проводят

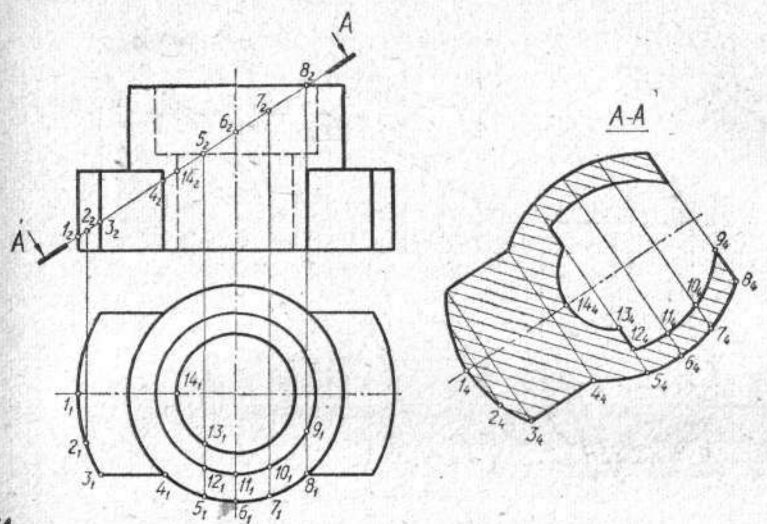


Рис. 174

образующие цилиндра параллельно оси $O'z'$. На этих прямых откладывают отрезки, равные соответствующей длине усеченных образующих, например: $A'1' = A_2 1_2$; $B'2' = B_2 2_2$ и т. д. Полученные точки соединяют по лекалу.

Упражнение. Поясните построение фигуры сечения технической детали плоскостью $A—A$ (рис. 174).

14.5. Сечение конуса

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса могут быть получены такие фигуры:

а) *окружность,* если секущая плоскость параллельна основанию конуса (рис. 175, *а*);

б) *треугольник,* если плоскость проходит через вершину конуса (рис. 175, *б*);

в) *полный* или *усеченный эллипс,* если секущая плоскость наклонена к оси под углом, бо́льшим угла наклона образующей к оси (рис. 175, *в*). Усеченный эллипс получается тогда, когда плоскость пересекает основание конуса;

г) *парабола,* если секущая плоскость параллельна образующей конуса, т. е. наклонена к оси конуса под углом, равным углу наклона образующей к оси, и не проходит через вершину (рис. 175, *г*);

д) *гипербола,* если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса, т. е. если плоскость наклонена к оси под углом, меньшим угла наклона образующей к оси, и не проходит через вершину, или параллельна оси (рис. 175, *д*).

Рассмотрим **построение сечения прямого кругового конуса** фронтально проецирующей плоскостью σ (рис. 176, *а*). Вначале вычерчивают три проекции полного конуса и указывают след-проекцию σ_2 секущей

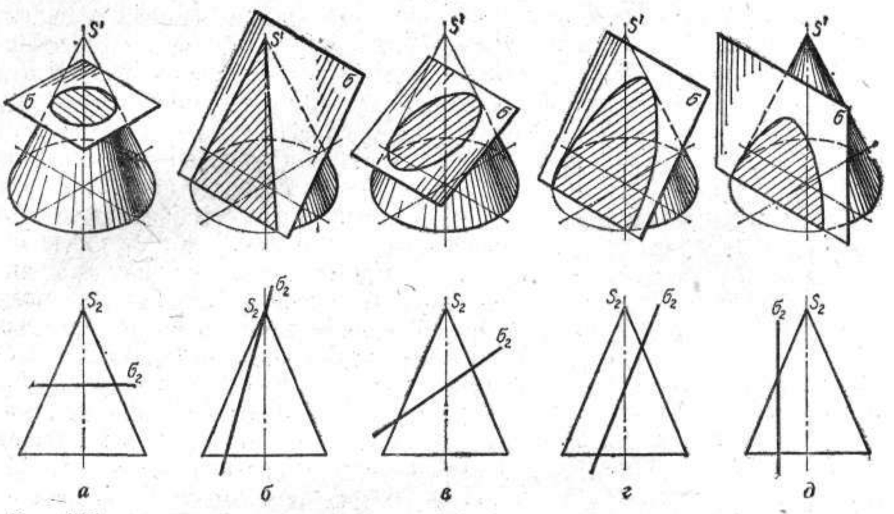


Рис. 175

Рис. 176

плоскости. Горизонтальную проекцию окружности основания делят на некоторое число равных частей, например на восемь, и из точек деления проводят горизонтальные проекции образующих конуса A_1S_1, B_1S_1, ... Определяют фронтальные A_2, B_2, C_2, ... и профильные A_3, B_3, C_3, ... проекции точек деления и проводят фронтальные и профильные проекции восьми образующих. В сечении конуса плоскостью σ получается полный эллипс, так как секущая плоскость пересекает все образующие конуса и наклонена к его оси под углом, бо́льшим угла наклона образующих. Фронтальные проекции 1_2, 2_2, 3_2, ... точек эллиптического сечения совпадают со следом σ_2, т. е. отрезок $1_2 5_2$ является фронтальной проекцией фигуры сечения. Проводя из точек 1_2, 2_2, 3_2, ... вертикальные и горизонтальные линии связи до пересечения с соответствующими проекциями образующих на Π_1 и Π_3, получают горизонтальные и профильные проекции точек эллипса — 1_1, 2_1, 3_1, ... и 1_3, 2_3, 3_3, ... По лекалу эти точки соединяют в плавные кривые.

Определяют главные оси эллипса сечения. Большой осью будет отрезок $1_2 5_2$, а малая ось проецируется на плоскость Π_2 в точку 6_2 (7_2), находящуюся посредине отрезка $1_2 5_2$. Чтобы определить горизонтальную проекцию малой оси (и одновременно ее натуральную величину), через точку 6_2 (7_2) проводят вспомогательную горизонтальную плоскость θ. Эта плоскость пересекает боковую поверхность конуса по окружности радиуса R. Полученным радиусом строят горизонтальную проекцию окружности и из точки 6_2 (7_2) проводят линию связи до пересечения с окружностью в точках 6_1 и 7_1. Хорда $6_1 7_1$ и дает натуральную величину малой оси эллипса. Аналогично этому, не проводя образующих, можно было бы определить любое нужное число точек эллипса сечения.

Натуральная величина фигуры сечения найдена способом плоскопараллельного перемещения (рис. 176, *б*). Однако можно было бы построить эллипс и по его главным осям — большой $1_2 5_2$ и малой $6_1 7_1$ — известным из геометрического черчения способом.

Разверткой боковой поверхности конуса служит круговой сектор, радиус дуги которого равен длине образующей конуса, а длина дуги равна длине окружности основания конуса (рис. 176, *в*). Центральный угол сектора определяется по формуле $\alpha^\circ = \frac{r}{l} 360^\circ$, где r — радиус окружности основания, а l — длина образующей. Дугу развертки делят на восемь равных частей и проводят образующие конуса.

На каждую образующую переносят точку ее пересечения с плоскостью σ. Величины отрезков $S1$ и $S5$ измеряют непосредственно на фронтальной проекции и откладывают на развертке, т. е. $S1 = S_2 1_2$; $S5 = S_2 5_2$. Чтобы получить на развертке точки *2*, *3*, *4*, нужно прежде переместить фронтальные проекции этих точек параллельно оси Ox до положения $\overline{2}_2$, $\overline{3}_2$, $\overline{4}_2$. Это соответствует вращению образующих конуса вокруг оси, проходящей через вершину конуса перпендикулярно к плоскости Π_1, до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций. Полученные после вращения натуральные величины отрезков образующих переносят на развертку, т. е. $S2 = S_2\overline{2}_2$; $S3 = S_2\overline{3}_2$;... Точки *1*, *2*, *3*, ... соединяют плавной кривой линией и пристраивают

а б в г

Рис. 177

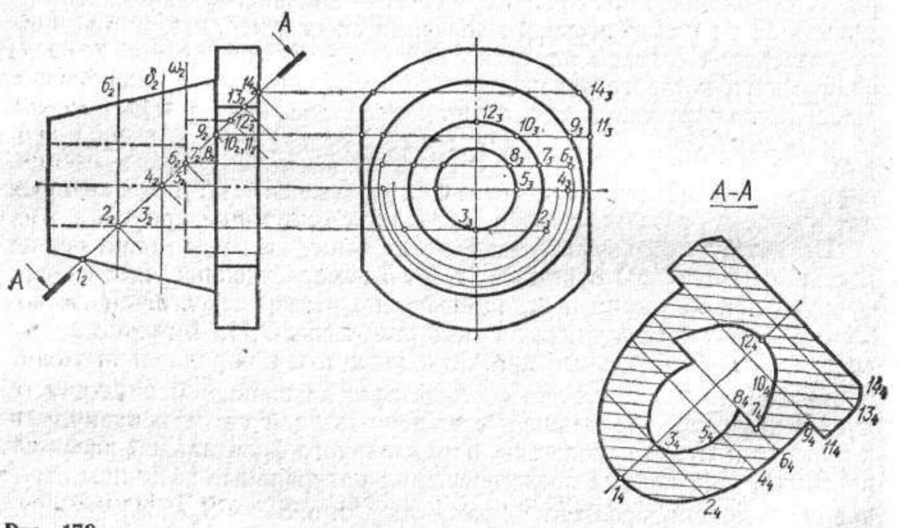


Рис. 178

к развертке боковой поверхности истинную величину эллипса сечения и основание конуса.

Построение изометрии усеченной части конуса начинают с построения в тонких линиях проекции всего конуса (рис. 176, *г*). Используя координаты x_1 и x_5; z_1 и z_5 строят вершины *1* и *5* большой оси эллипса. Соединяя точки *1'* и *5'*, получают направление средней линии фигуры сечения. С горизонтальной проекции на аксонометрическую ось x' переносят точки $2_0'$, $6_0'$, ... и восставляют из них перпендикуляры до пересечения со средней линией *1'5'* сечения. Через полученные точки $2_0''$, $6_0''$, ... проводят прямые, параллельные оси $O'y'$, на которых откладывают отрезки $2_0''2' = 2_0 2_1$; $6_0''6' = 6_0 6_1$; ... Точки *1'*, *2'*, *6'*, ... фигуры сечения соединяют по лекалу.

Упражнение 1. Рассмотрите и поясните построение фигуры сечения конуса плоскостью по гиперболе (рис. 177, *а*, *б*) и по параболе (рис. 177, *в*, *г*). Для одного из этих случаев постройте развертку усеченной части конуса.

Упражнение 2. Поясните построение сечения технической детали плоскостью *А—А* (рис. 178).

14.6. Сечение шара

Пересечение шара любой плоскостью дает окружность. В зависимости от положения секущей плоскости эта окружность проецируется в натуральную величину (если плоскость параллельна плоскости проекций), в прямую линию (если плоскость перпендикулярна к плоскости проекций) или, наконец, в эллипс (если секущая плоскость наклонена к плоскости проекций).

Рассмотрим **построение сечения шара** фронтально проецирующей плоскостью γ (рис. 179, *а*). В сечении образуется окружность, фронтальная проекция которой $1_2 6_2$ совпадает со следом-проекцией γ_2 плоскости γ. На плоскость проекций Π_1 окружность проецируется в эллипс. Малую ось эллипса $1_1 6_1$ получают проведением линий связи из точек 1_2 и 6_2 до пересечения с горизонтальной осью шара, т. е. до пересечения с горизонтальной проекцией фронтального меридиана. Большая ось эллипса $3_1 7_1$ пройдет через середину малой оси перпендикулярно к ней; по величине она равна отрезку $1_2 6_2$, т. е. диаметру окружности сечения.

На плоскости Π_1 характерными будут также точки *2* и *8*, в которых плоскость γ пересекает экватор шара. Горизонтальные проекции этих точек определяют проведением линий связи из 2_2 и 8_2 до пересечения с горизонтальной проекцией экватора. Кроме найденных шести опорных точек, определяют ряд промежуточных точек проведением вспомогательных горизонтальных плоскостей уровня. Например, для построения горизонтальных проекций случайных точек *5* и *9* проводят вспомогательную плоскость σ, пересекающую шар по окружности радиуса R. Пересечение горизонтальной проекции этой окружности с линиями связи дает искомые проекции 5_1 и 9_1. По двум проекциям определяют профильную проекцию фигуры сечения.

В **прямоугольной изометрии** шар изображается окружностью диаметром $1{,}22d$.

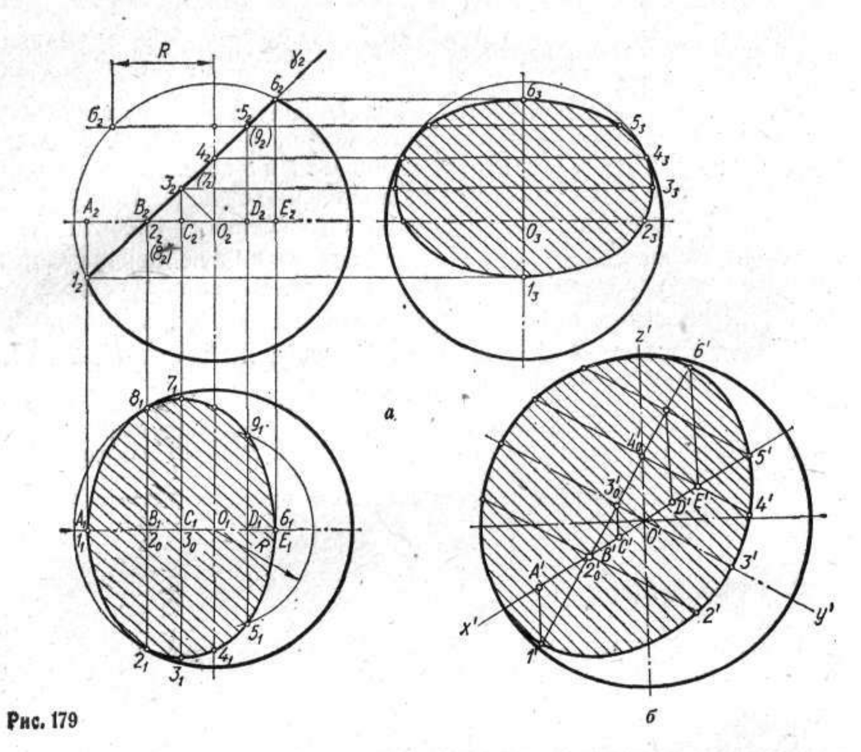


Рис. 179

Рис. 180

Построение в аксонометрии фигуры сечения (рис. 179, *б*) начинают с определения положения диаметра *1—6*, параллельного плоскости проекций Π_2. Для этого на оси x' откладывают отрезки $O'A' = O_1A_1$; $O'E' = O_1E_1$ и из точек A', E' проводят лучи, параллельные оси z', на которых откладывают величины $A'1' = A_21_2$; $E'6' = E_26_2$. Соединяя точки $1'$ и $6'$, получают среднюю линию сечения. Воспользовавшись горизонтальной проекцией шара, переносят на аксонометрическую ось x' точки B, C, D ($A'B' = A_1B_1$; $B'C' = B_1C_1$; ...) и из этих точек восставляют перпендикуляры до пересечения со средней линией. Через полученные точки $2'_0$, $3'_0$, ... проводят прямые, параллельные оси y', на которых откладывают отрезки $2'_02' = 2_02_1$; $3'_03' = 3_03_1$; ... Точки $1'$, $2'$, $3'$, ..., принадлежащие фигуре сечения, соединяют по лекалу.

14.7. Построение линий среза

Линиями среза называют линии пересечения плоскостями поверхностей технических деталей.

В зависимости от формы детали для построения линии среза применяют различные вспомогательные секущие плоскости.

На рис. 180 изображена деталь, сочетающая призматические и цилиндрические формы. Верхняя наклонная плоскость параллелепипеда пересекает вертикальный цилиндрический выступ по эллипсу. Горизонтальная и фронтальная проекции линии сечения известны из чертежа, поэтому построение сводится лишь к определению профильной проекции. Проведя горизонтальные линии связи из точек A_2, B_2, получают профильные проекции вершин эллипса сечения (точки A_3 и B_3). На чертеже показано, как при помощи координаты y_M определить профильную проекцию M_3 случайной точки M фигуры сечения. Участок эллипса $D_3B_3C_3$ на профильной проекции невидим, так как он расположен на невидимой части проекции цилиндра.

На рис. 181, *а* изображена головка штанги. Ее очертания состоят из трех тел вращения, расположенных на общей горизонтальной оси, а именно: из цилиндра диаметром 20 *мм*, усеченного конуса и части сферы диаметром 50 *мм*. Построение начинают с проведения граничных линий, разделяющих деталь на отдельные геометрические формы.

Штанга пересечена двумя фронтальными плоскостями α и β, расположенными на одинаковом расстоянии от ее оси. В результате пересечения образуются две симметрично расположенные линии среза. Горизонтальная и профильная проекции линии среза совпадают со следами-проекциями плоскостей, т. е. с α_1, β_1 и α_3, β_3. Сферическая поверхность головки пересекается ими по окружности радиуса R_2, величину которого можно определить на горизонтальной или профильной проекциях. Чтобы построить линии среза на конической части головки, проводят вспомогательные плоскости, перпендикулярные к оси детали. Так, например, плоскость γ пересекает конус по окружности радиуса R_1. Из центра O_3 проводят дугу окружности радиусом R_1 и на пересечении ее с прямолинейным контуром профильной проекции

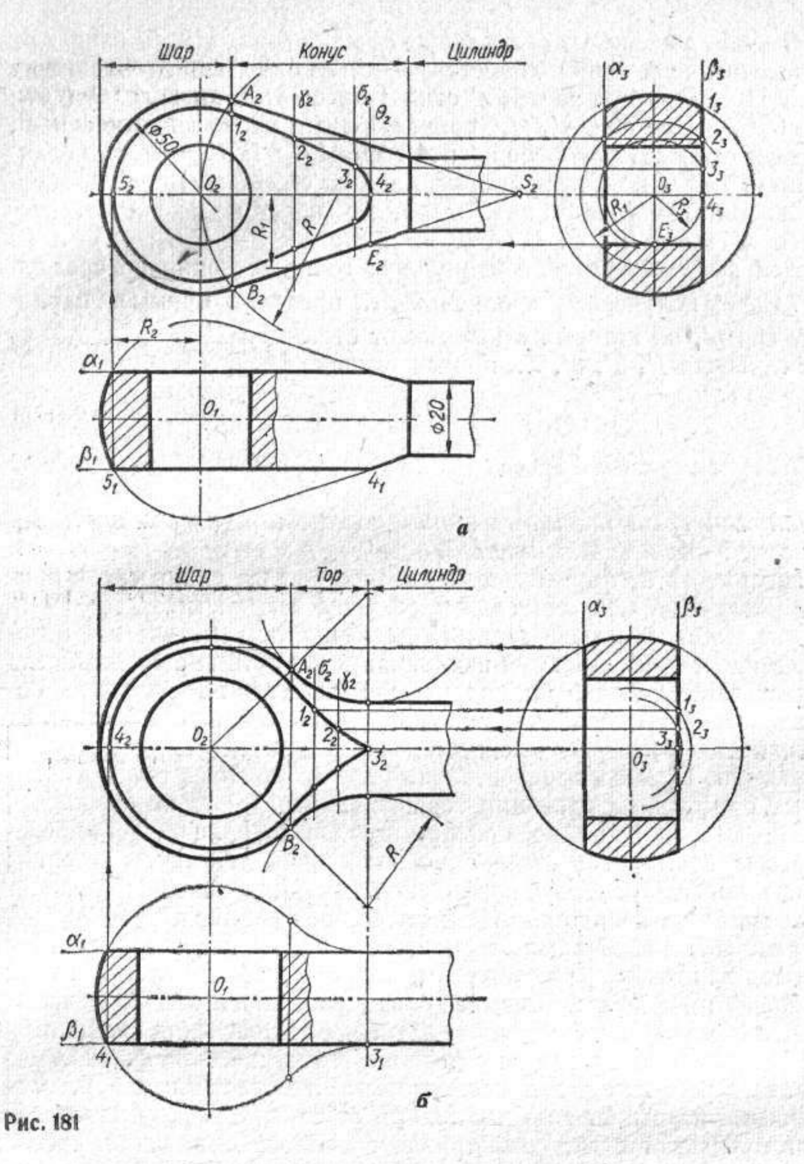


Рис. 181

головки получают точку 2_3. Из этой точки проводят горизонтальную линию связи до пересечения со следом γ_2 в точке 2_2. Аналогично при помощи плоскости σ определяют точку 3, принадлежащую линии среза.

Фронтальная плоскость α (или β) пересекает конус по гиперболе, вершину которой (точку 4) можно определить или непосредственно по горизонтальной проекции, или с использованием вспомогательной плоскости. В последнем случае из центра O_3 проводят дугу окружности радиусом R_3, величина которого определяется из условия касания этой

окружностью прямолинейного контура проекции. Определив точку E_3, находят ее фронтальную проекцию E_2. Через E_2 проводят перпендикуляр к оси, являющийся следом вспомогательной плоскости θ. В этой плоскости и лежит вершина гиперболы — точка *4*.

Упражнение. Самостоятельно рассмотрите построение на рис. 181, *б*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

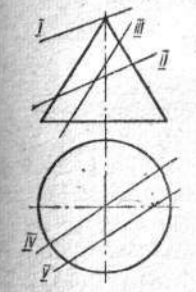
1. Какие кривые можно получить в сечении прямого конуса различными плоскостями?
2. Какие плоские фигуры можно получить в сечении правильной пятиугольной призмы различными плоскостями?
3. Как построить развертку усеченного конуса? усеченного цилиндра?
4. Как построить изометрическое изображение усеченного цилиндра? усеченной пирамиды?
5. Как построить изометрическое изображение усеченной сферы?
6. Что называется линией среза и каков порядок ее построения?

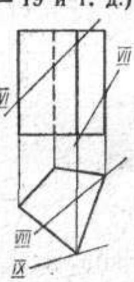
Упражнение 1. Решите задание карты программированного контроля № 1 по теме «Сечение геометрических тел плоскостями». Правильность ответов проверьте на с. 442.

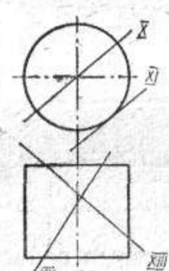
Упражнение 2. Решите задание карты программированного контроля № 2 по теме «Сечение геометрических тел плоскостями». Правильность ответов проверьте на с. 442.

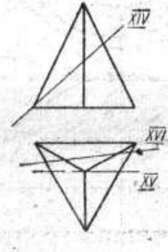
Карта программированного контроля № 1 по теме „Сечение геометрических тел плоскостями“

Какие фигуры образуются в сечении заданных тел плоскостями? (Пример ответа: *I* — 1, *II* — 19 и т. д.)





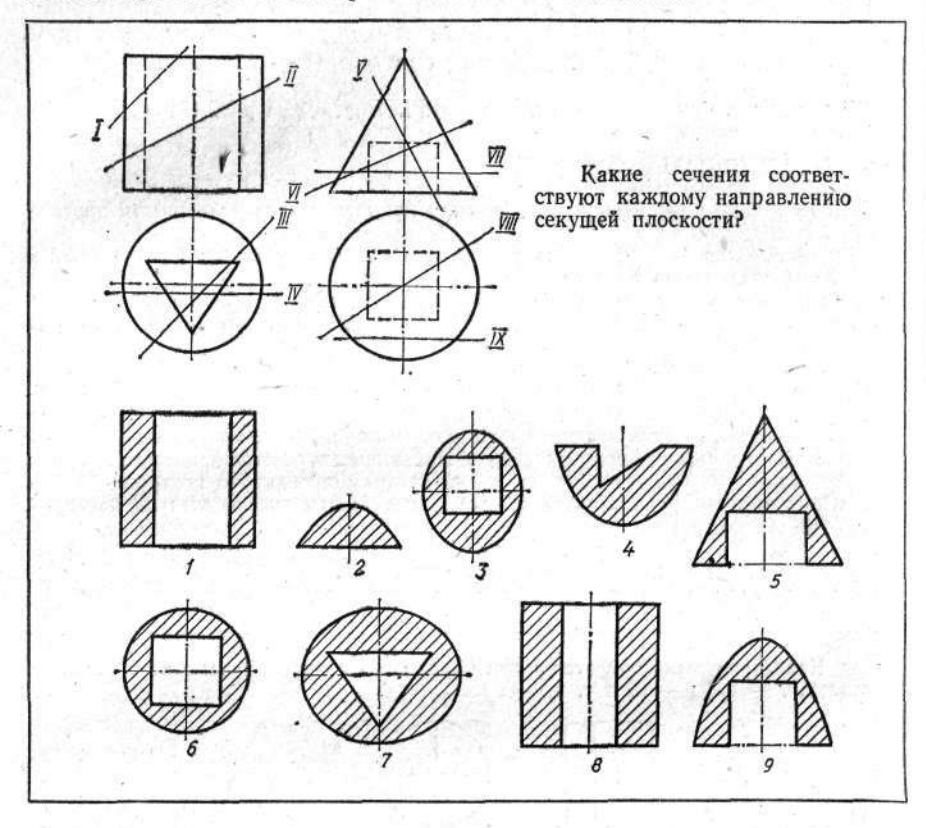




Ответы

1. Точка
2. Прямая
3. Треугольник равносторонний
4. Треугольник равнобедренный
5. Треугольник разносторонний
6. Квадрат
7. Ромб
8. Трапеция
9. Трапеция равнобедренная
10. Четырехугольник
11. Прямоугольник
12. Параллелограмм
13. Пятиугольник правильный
14. Пятиугольник
15. Шестиугольник правильный
16. Шестиугольник
17. Семиугольник
18. Окружность
19. Эллипс
20. Часть эллипса, бóльшая половины
21. Часть эллипса, меньшая половины
22. Две дуги эллипса
23. Парабола
24. Гипербола

Карта программированного контроля № 2
по теме „Сечение геометрических тел плоскостями“



§ 15. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

15.1. Общие положения

Детали машиностроительных конструкций представляют собой сочетания сравнительно простых геометрических форм. Возникает необходимость строить на чертежах линии пересечения этих поверхностей между собой.

Общая линия двух поверхностей называется линией их пересечения.

Для определения точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей, используют способ вспомогательных секущих поверхностей (способ посредников), сущность которого заключается в следующем:

а) *заданные поверхности пересекают третьей, вспомогательной поверхностью-посредником;*

б) *определяют линии пересечения посредника с каждой из заданных поверхностей в отдельности;*

в) *находят общие точки пересечения полученных линий, которые и принадлежат искомой линии пересечения поверхностей.*

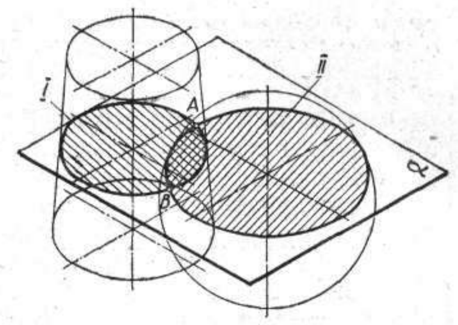


Рис. 182

В качестве вспомогательных поверхностей чаще всего употребляют плоскости частного или общего положения и сферы. При выборе посредника следует исходить из того, чтобы он в пересечении с заданными поверхностями образовывал графически простые линии — прямые или окружности. Для решения каждой задачи приходится применять несколько поверхностей-посредников.

На рис. 182 показан принцип построения точек линии пересечения усеченного конуса и сферы. Вспомогательная горизонтальная плоскость α пересекает обе поверхности по окружностям, взаимное пересечение которых дает точки A и B, принадлежащие линии пересечения. Проведя несколько подобных вспомогательных плоскостей, определяют необходимое число точек для построения кривой пересечения.

У линии пересечения двух поверхностей различают *точки опорные* и *случайные*. В первую очередь определяют опорные точки, т. е. высшую и низшую, крайние правую и левую, точки видимости и др. Определение этих точек позволяет видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними есть смысл определять случайные точки для более точного построения линии пересечения поверхностей. Проекция линии пересечения всегда располагается в пределах площади наложения, т. е. общей площади одноименных проекций пересекающихся поверхностей.

Две поверхности чаще всего пересекаются по одной или двум замкнутым пространственным линиям. В первом случае пересечение будет неполным и на поверхностях образуются фигурные углубления. Этот случай пересечения принято называть *врубкой*. При двух замкнутых линиях пересечения одна из поверхностей целиком проникает в другую. Этот случай называют *полным проницанием*.

Характер линии пересечения зависит от характера пересекающихся поверхностей:

а) при пересечении двух многогранников образуются одна или две замкнутые пространственные ломаные линии, отдельные отрезки которых являются линиями пересечения граней многогранников;

б) при пересечении многогранника с телом вращения образуются одна или две линии, состоящие из участков кривых второго порядка, т. е. из участков дуг окружностей, частей эллипса, параболы и т. д. Эти участки сходятся между собой на ребрах многогранников;

в) при пересечении двух кривых поверхностей второго порядка образуются одна или две пространственные плавные кривые, как правило, четвертого порядка, которые в отдельных случаях распадаются на кривые второго порядка или даже на прямые линии.

Найдя точки линии пересечения, нужно последовательно их соединить и указать видимость отдельных участков. При определении видимости исходят из следующих положений:

а) если отрезок линии пересечения двух многогранников лежит на пересечении видимых граней данной проекции фигур, то на этой проекции он является видимым. Если обе грани или одна из них невидимы, то и отрезок линии пересечения данных граней невидим;

б) для кривых поверхностей видимыми являются точки, получающиеся в пересечении двух видимых образующих. Если хотя бы одна из образующих невидима, то и точка линии пересечения невидима;

в) точки перехода видимой части линии пересечения в невидимую всегда лежат на очерковых образующих той или другой поверхности;

г) видимость определяется раздельно для каждой из проекций пересекающихся поверхностей.

15.2. Пересечение многогранников

Линией пересечения двух многогранников будет одна или две пространственные замкнутые ломаные линии. Вершинами этого пространственного многоугольника являются точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого. Две замкнутые линии пересечения образуются в случае, когда один из многогранников полностью проходит внутри другого. Одна линия пересечения образуется в результате частичного врезания одной поверхности в другую.

На рис. 183, *а* изображено пересечение двух призм — четырехугольной и треугольной. Из профильной и горизонтальной проекций видно, что: а) в данном случае имеем частичное врезание одной поверхности в другую, т. е. образуется одна линия пересечения; б) в пересечении участвуют три боковых ребра горизонтальной призмы и одно ребро вертикальной, следовательно пространственная линия пересечения имеет восемь вершин.

Горизонтальная и профильная проекции линии пересечения совпадают с соответствующими проекциями призм, так как боковые грани четырехугольной призмы занимают проецирующее положение относительно профильной плоскости проекций, а треугольной — относительно горизонтальной. Проекции точек пересечения на этих плоскостях — 1_1, 2_1, 3_1, 4_1, ... и 1_3, 2_3, 3_3, 4_3, ... Проводя вертикальные линии связи из 1_1, 2_1, 4_1, ... до пересечения с фронтальными проекциями соответствующих ребер, получают фронтальные проекции точек — 1_2, 2_2, 4_2, ... Фронтальные проекции 3_2, 6_2 точек, лежащих на переднем ребре треугольной призмы, находят проведением горизонтальных линий связи из точек 3_3 и 6_3.

Соединяя точки линии пересечения поверхностей, следует придерживаться таких правил: а) соединять между собой можно проекции только тех точек, которые одновременно находятся как на грани одной призмы, так и на грани другой (нельзя, например, соединять точки 3_2 и 4_2, так как для треугольной призмы они лежат на одной грани, а для четырехугольной — на разных); б) каждая точка соединяется только с двумя другими.

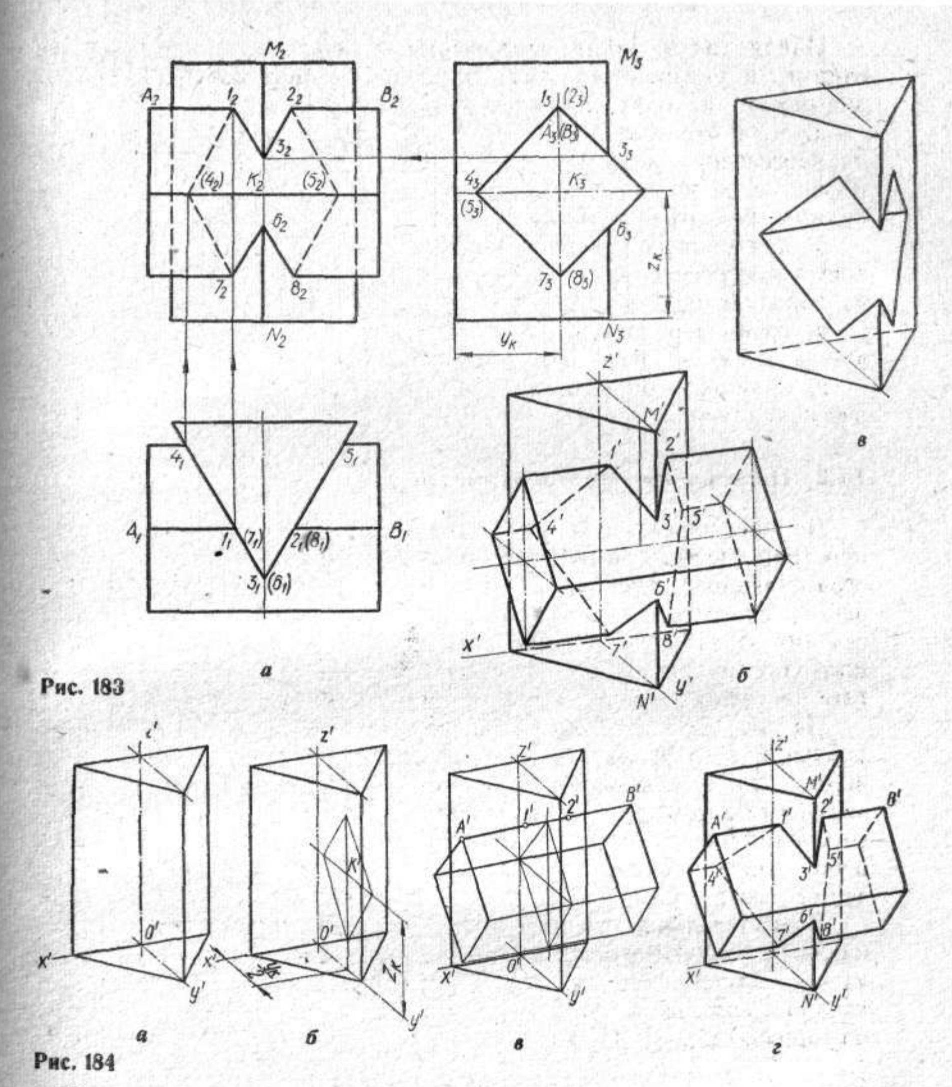


Рис. 183

Рис. 184

Последним этапом выполнения задания является определение видимости отдельных участков линии пересечения. При этом учитывают сформулированные выше положения. В нашем случае линии $1_2 4_2 7_2$ и $2_2 5_2 8_2$ на фронтальной проекции невидимы, так как они лежат на невидимых гранях четырехугольной призмы.

На рис. 183, *б* пересекающиеся призмы изображены в прямоугольной диметрии (на рис. 183, *в* горизонтальная призма вынута). Последовательность построения рассмотрена на рис. 184:

1. Строят диметрическую проекцию треугольной призмы (рис. 184, *а*).

2. В плоскости симметрии треугольной призмы (рис. 184, *б*) строят диметрию квадрата — поперечного сечения четырехугольной призмы.

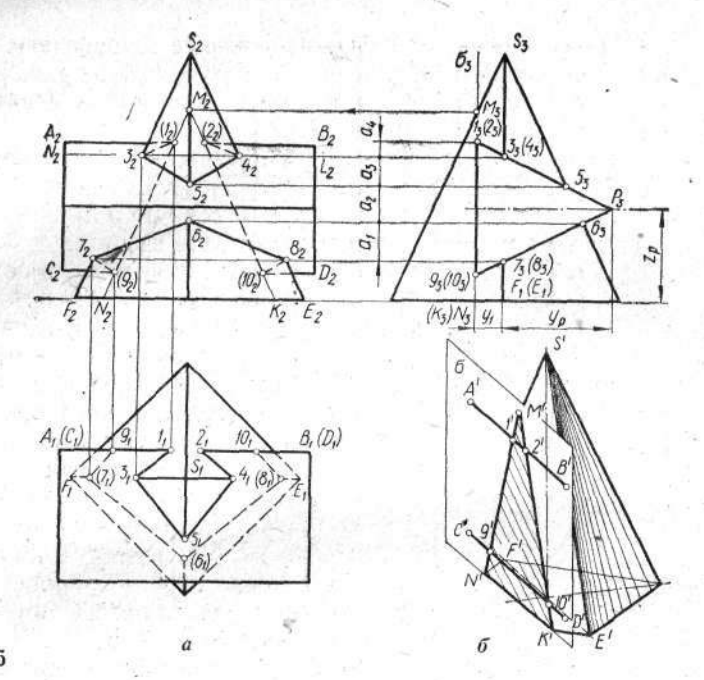


Рис. 185

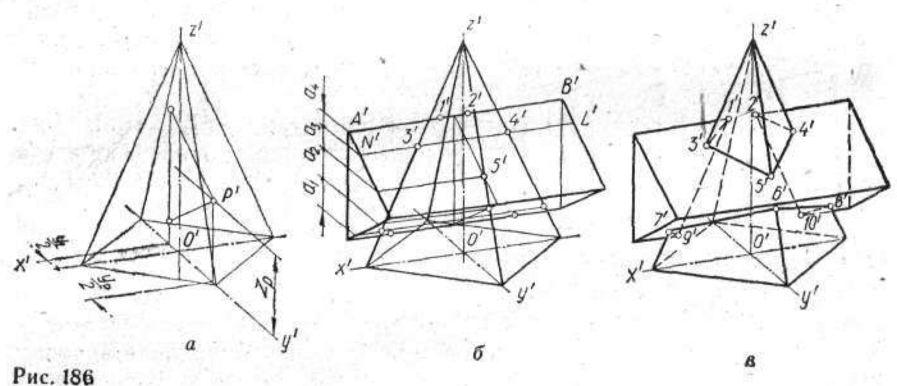


Рис. 186

Для построения используют координаты y_K и z_K точки K, являющейся центром сечения.

3. Из вершин проекции квадрата проводят линии, параллельные оси $O'x'$, на которых в обе стороны от поперечного сечения откладывают половину длины ребер четырехугольной призмы (рис. 184, *в*). Соединяя найденные точки, получают изображение четырехугольной призмы.

4. Находят точки линии пересечения, лежащие на ребрах четырехугольной призмы (рис. 184, *г*), откладывая отрезки, замеренные на фронтальной проекции (рис. 183, *а*), например: $A'1' = A_2 1_2$; $B'2' = B_2 2_2$; ...

5. Находят точки линии пересечения, лежащие на переднем ребре треугольной призмы (отрезки $M'3' = M_2 3_2$; $N'6' = N_2 6_2$ на рис. 184, *г*).

6. Соединяют полученные точки и обводят видимый и невидимый контуры соответствующими линиями.

На рис. 185 четырехугольная пирамида пересекается с треугольной призмой, расположенной перпендикулярно к профильной плоскости проекций Π_3. Поэтому профильная проекция линии пересечения совпадает с профильной проекцией призмы. Задача сводится к построению горизонтальной и фронтальной проекций линии пересечения.

Фронтальные проекции 3_2, 4_2, 5_2, ... точек, расположенных на боковых ребрах пирамиды, определяют проведением горизонтальных линий связи из проекций 3_3, 4_3, 5_3, ... до пересечения с соответствующими проекциями ребер пирамиды. По фронтальной проекции находят горизонтальные проекции этих точек. Для определения точек пересечения ребер призмы AB и CD с пирамидой используют вспомогательную фронтальную плоскость σ, проходящую через эти ребра. Плоскость σ пересекает пирамиду по треугольнику MNK, подобному треугольнику SEF (рис. 185, *б*). Для построения фронтальной проекции треугольника MNK из точки M_3 проводят горизонтальную линию связи, находят проекцию M_2 и из этой точки строят стороны M_2N_2 и M_2K_2 треугольника сечения параллельно боковым ребрам пирамиды. В пересечении треугольника $M_2N_2K_2$ с проекциями A_2B_2 и C_2D_2 ребер призмы получают фронтальные проекции точек линии пересечения (1_2, 9_2, 2_2, 10_2). При помощи вертикальных линий связи находят горизонтальные проекции этих точек. Полученные точки соединяют сплошными или штриховыми линиями, учитывая видимость контура на плоскостях проекций Π_1 и Π_2.

Последовательность построения в аксонометрии дана на рис. 186. Самостоятельно рассмотрите и объясните это построение. Обратите внимание на то, что для определения в аксонометрии точек $3'$, $5'$, ... использованы размеры a_1, a_2, a_3, a_4, взятые из рис. 185, *а*.

15.3. Пересечение многогранника с телом вращения

В пересечении многогранника с телом вращения образуется несколько участков кривых второго порядка, которые сходятся между собой на ребрах многогранника. В первую очередь определяют точки пересечения ребер многогранника с поверхностью тела вращения.

На рис. 187 изображено пересечение прямого кругового конуса с треугольной призмой. Так как грани призмы перпендикулярны к плоскости проекций Π_2, то фронтальная проекция линии пересечения совпадает с фронтальной проекцией призмы. Для определения точек встречи ребер призмы с конусом в качестве посредников применяют горизонтальные плоскости уровня. Плоскость уровня σ, проходящая через верхнее ребро призмы, пересекает конус по окружности диаметра d. Горизонтальная проекция этой окружности в пересечении с проекцией верхнего ребра призмы дает искомую точку 1_1. Опорные точки 2 и 3, принадлежащие нижним ребрам призмы, определены проведением вспомогательной горизонтальной плоскости θ. Дуга окружности между точками 2_1 и 3_1 является горизонтальной проекцией линии, по

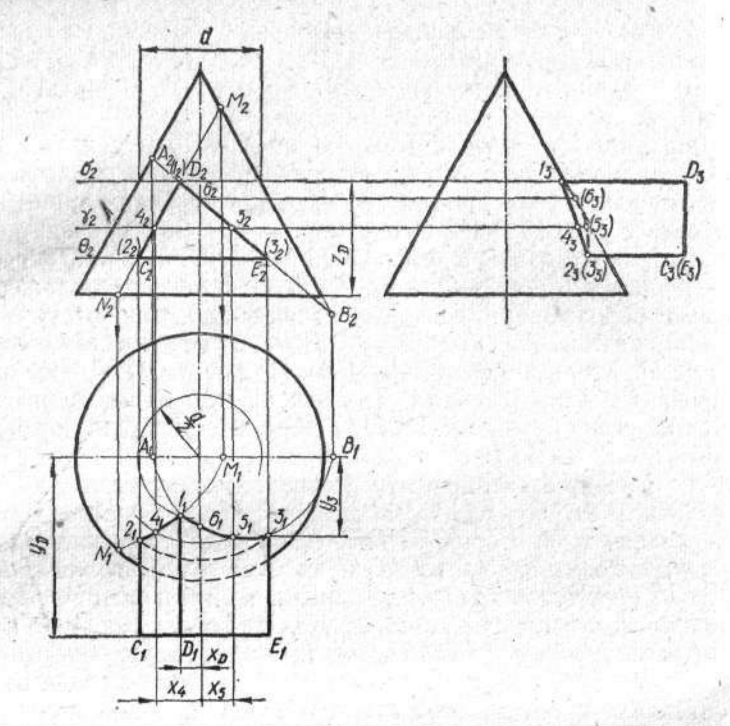


Рис. 187

которой нижняя грань призмы пересекает поверхность конуса. Аналогично с помощью случайной горизонтальной плоскости γ найдены промежуточные точки *4* и *5*.

Для правильного очерчивания линии пересечения рекомендуется использовать способ «полных сечений». Сущность его заключается в том, что грани призмы продолжают до полного пересечения с конусом. Например, продолжая левую грань призмы до полного пересечения с конусом, в сечении получают параболу, вершина которой находится в мнимой точке M, а наибольший раствор кривой отвечает точке N, лежащей на основании конуса. Определив эти точки, прочерчивают тонкой линией контур параболы на горизонтальной плоскости, а ее часть в пределах грани призмы наводят сплошной основной линией. Правая грань призмы пересекает конус по эллипсу, большой осью которого является отрезок A_2B_2. На горизонтальной проекции тонкой линией вычерчивают контур всего эллипса, а окончательно обводят лишь ту его часть, которая принадлежит правой грани призмы.

Профильная проекция линии пересечения найдена координатным способом. Обратите внимание на то, что на профильной проекции линия пересечения касается правой очерковой образующей в точке 6_3.

На рис. 188 изображена последовательность построения в изометрии пересекающихся поверхностей призмы и конуса:

1. Строят изометрическую проекцию конуса (рис. 188, *а*).

2. Используя координаты x_D, y_D, z_D, определяют изометрическую проекцию вершины D, принадлежащей основанию призмы и строят

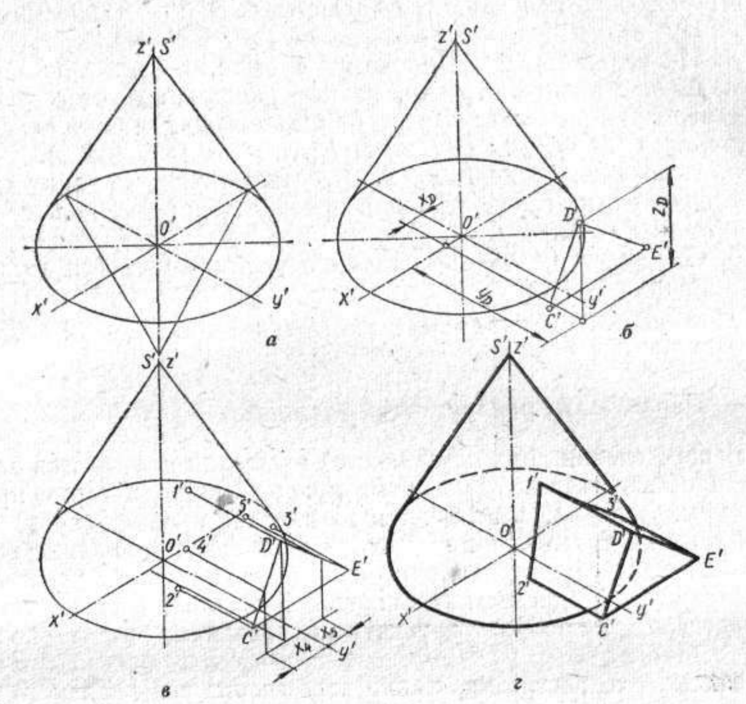


Рис. 188

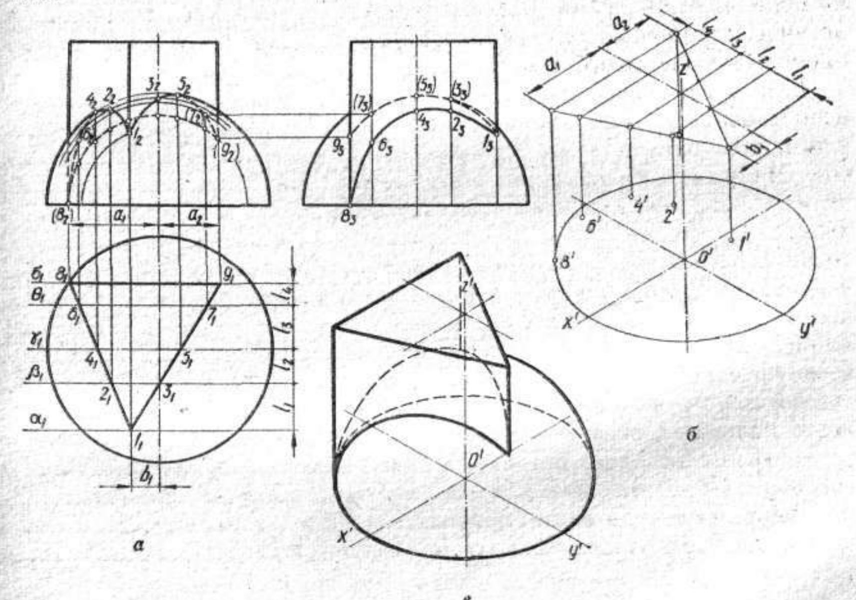


Рис. 189

изометрическую проекцию треугольника $C'D'E'$ — основания призмы (рис. 188, *б*).

3. Из вершин $C'D'E'$ проводят прямые, параллельные оси Oy', откладывают на них отрезки, равные расстояниям от соответствующих вершин призмы до точек, принадлежащих линии пересечения, например: $C'2' = C_1 2_1$; $D'1' = D_1 1_1$; ... (рис. 187, 188, *в*).

5. Используя размеры x_4, x_5 и соответствующую длину отрезков, определяемую на горизонтальной проекции, находят положения промежуточных точек $4'$ и $5'$.

6. Соединяют полученные точки с учетом видимости линии пересечения (рис. 188, *г*).

Упражнение. На рис. 189 изображено пересечение полусферы с призмой. Рассмотрите и поясните сделанное построение.

15.4. Пересечение поверхностей вращения

В пересечении двух поверхностей вращения получаются одна или две пространственные замкнутые кривые линии, которые при определенных условиях распадаются на плоские кривые второго порядка или даже на прямые линии. Для решения задач применяют вспомогательные плоскости-посредники, чаще всего плоскости уровня. Начинать следует с определения опорных точек линии пересечения. При определении видимости исходят из указанных выше положений (см. с. 176).

Рассмотрим построение линии пересечения вертикального цилиндра и горизонтального полуцилиндра, оси которых пересекаются под прямым углом (рис. 190, *а*). Горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с окружностью, в которую проецируется боковая поверхность вертикального цилиндра на плоскость Π_1, а профильная проекция сливается с дугой окружности — проекцией боковой поверхности горизонтального полуцилиндра на плоскость Π_3. Фронтальные проекции 2_2 и 3_2 высших опорных точек кривой лежат на пересечении фронтальных проекций очерковых образующих данных цилиндров. Низшую точку 1_2 определяют проведением горизонтальной линии связи из точки 1_3 до пересечения с фронтальной проекцией соответствующей образующей. Промежуточные случайные точки *4* и *5* определены при помощи фронтальной секущей плоскости β, которая пересекает вертикальный цилиндр по образующим A и B, а горизонтальный — по образующей *4*—*5*; взаимное их пересечение дает точки *4* и *5*. Полученные точки соединяют плавной кривой.

На рис. 190, *б*, *в* построена изометрическая проекция пересекающихся поверхностей. Последовательность ее построения:

1. Вычерчивают изометрическую проекцию вертикального цилиндра и горизонтального полуцилиндра. Порядок их построения изложен на с. 144. При построении необходимо, пользуясь координатами, правильно определить положение центра основания вертикального цилиндра.

2. На верхнем основании вертикального цилиндра определяют положения точек M', A', T', B'. Точки M', T' лежат на концах аксо-

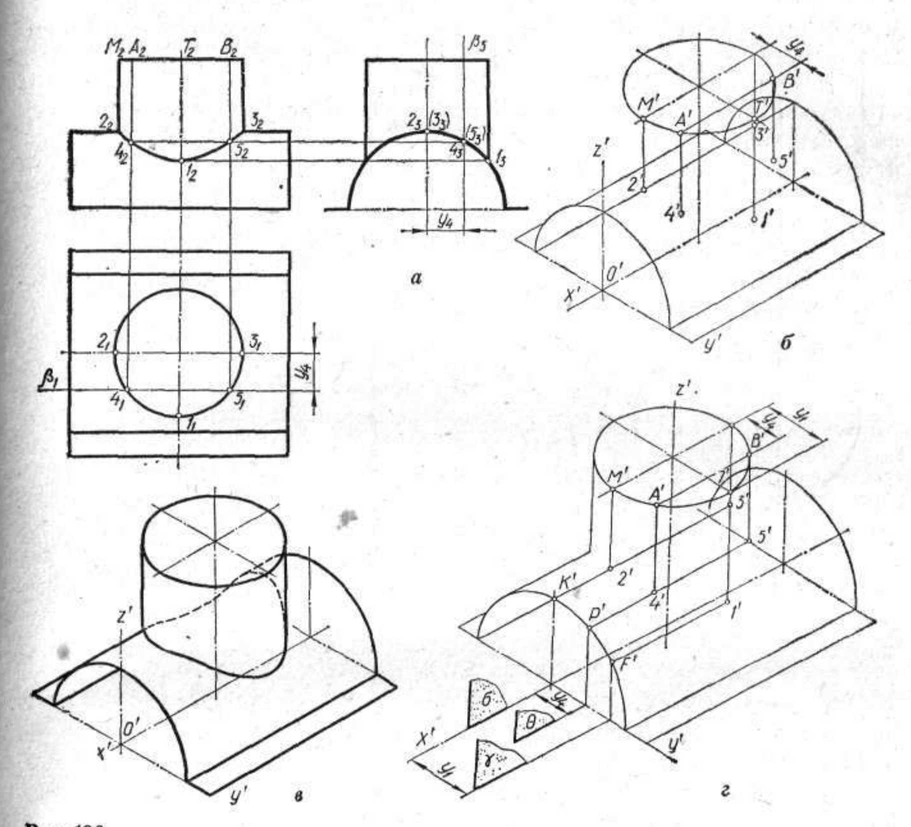


Рис. 190

нометрических осей x' и y', а для определения точек A' и B' используют координату y_4.

3. Из найденных точек проводят образующие вертикального цилиндра параллельно оси z' и откладывают на них отрезки, измеренные на фронтальной проекции, например: $M'2' = M_2 2_2$; $A'4' = A_2 4_2$;... На рис. 190, *в* показана изометрия пересекающихся поверхностей в окончательном виде.

На рис. 190, *г* построение изображения в изометрии выполнено проведением вспомогательных фронтальных секущих плоскостей без использования комплексного чертежа. Так, например, плоскость θ, удаленная от осей вертикального и горизонтального цилиндров на величину y_4, пересекает вертикальный цилиндр по образующим $A'4'$ и $B'5'$, а горизонтальный — по образующей $P'5'$. Взаимное их пересечение дает точки $4'$ и $5'$, принадлежащие линии пересечения поверхностей. Аналогично получены точки $2'$, $3'$, $1'$.

Упражнение 1. Рассмотрите и поясните построение линии пересечения кругового цилиндра с прямым круговым конусом (рис. 191).

Упражнение 2. Рассмотрите и поясните построение линии пересечения полусферы и вертикального цилиндра (рис. 192).

а б

Рис. 191

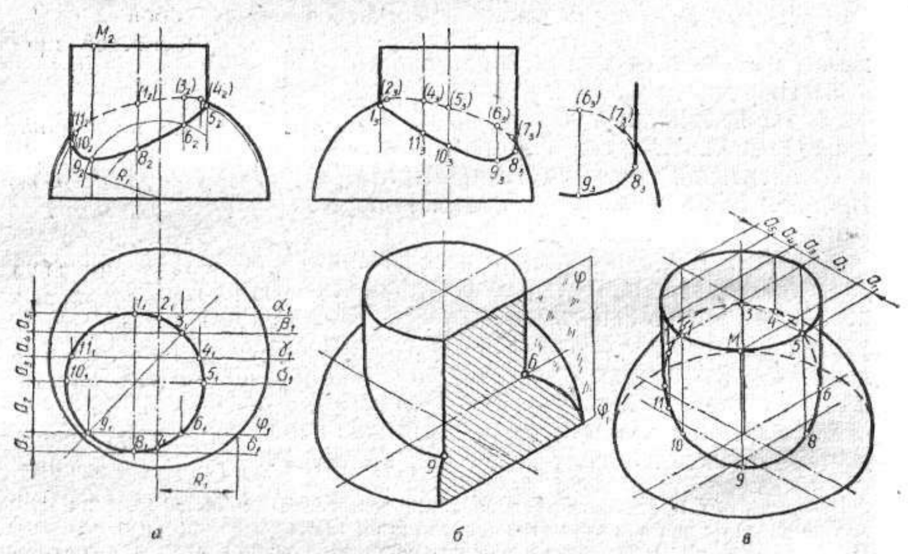


Рис. 192

15.5. Способ вспомогательных сфер

На рис. 193 в различных комбинациях изображены пересечения тел вращения с общей осью: сферы и цилиндра (рис. 193, *а*), двух сфер (рис. 193, *б*), цилиндра и конуса (рис. 193, *в*). Во всех этих случаях линией пересечения поверхностей является окружность, которая проецируется на плоскость, параллельную оси вращения, в виде прямой, перпендикулярной к этой оси. Это свойство и лежит в основе способа вспомогательных сфер.

Сферические посредники нашли широкое применение при решении задач на взаимное пересечение поверхностей благодаря следующим преимуществам: а) проекции сферы строятся чрезвычайно просто; б) на сфере можно взять бесконечное множество систем окружностей; в) любая плоскость, проходящая через центр сферы, служит плоскостью ее симметрии.

Различают две разновидности способа сфер: а) способ концентрических сфер, когда все сферы-посредники строятся из общего центра; б) способ эксцентрических сфер, когда построение ведется из различных центров.

Способ концентрических сфер основан на том, что *сфера пересекается с поверхностью вращения по окружности, если ось поверхности проходит через центр сферы.* Если, кроме того, ось поверхности параллельна одной из плоскостей проекций, то плоскость полученной окружности занимает проецирующее положение по отношению к этой плоскости проекций, т. е. проецируется на нее в виде прямой.

Способ концентрических вспомогательных сфер можно применять для решения задач при наличии следующих условий:

а) обе поверхности должны быть поверхностями вращения;

б) оси поверхностей должны пересекаться между собой;

в) обе оси должны быть параллельны одной из плоскостей проекций.

Решение задач выполняется по такому плану:

1) *из точки пересечения осей заданных поверхностей, как из центра, проводят вспомогательные сферы;*

2) *определяют окружности, по которым вспомогательные сферы пересекаются с каждой из заданных поверхностей в отдельности;*

3) *находят общие точки пересечения полученных окружностей.*

На рис. 194, *а* изображено построение линии пересечения двух цилиндров. Очевидными являются точки *1* и *2* пересечения очерковых образующих данных цилиндров, так как они лежат в общей фронтальной плоскости. Принимая точку O_2 за центр, строят вспомогательную сферу. Эта сфера пересекает вертикальный цилиндр по окружности, проецирующейся отрезком M_2N_2, а горизонтальный — по двум окружностям, которые проецируются отрезками E_2F_2 и K_2L_2. Пересечение этих трех линий дает точки 4_2 и 5_2, принадлежащие линии пересечения.

Вспомогательная сфера минимального радиуса должна касаться цилиндра большего диаметра. Эта сфера касается горизонтального цилиндра по окружности диаметра A_2B_2, а вертикальный цилиндр пересекает по окружности, проецирующейся отрезком C_2D_2. Взаимное

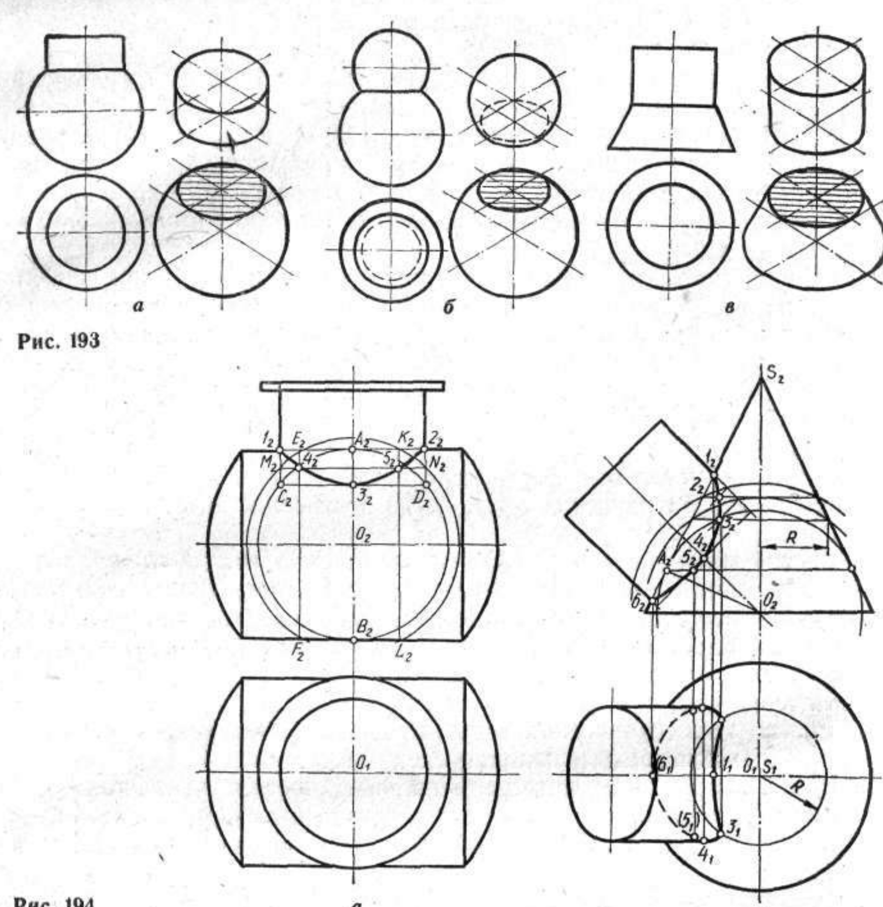


Рис. 193

Рис. 194

их пересечение дает низшую точку линии пересечения — точку 3_2. Вспомогательная сфера максимального радиуса определяется расстоянием от центра O_2 до точки 1_2 (или 2_2). Полученные точки пересечения соединяют плавной кривой.

На рис. 194, *б* заданы цилиндр и конус, оси которых пересекаются. Опорные точки 1_2 и 6_2 пересечения очерковых образующих определяются непосредственно из чертежа. Из точки O_2 пересечения осей цилиндра и конуса опускают перпендикуляр на очерковую образующую конуса. Длина этого перпендикуляра послужит радиусом минимальной вспомогательной сферы. Эта сфера касается конуса и пересекает цилиндр по окружности, проецирующейся на плоскость Π_2 в прямую линию. Пересечение этих линий дает проекцию 5_2 искомой точки. Увеличивая радиусы вспомогательных сфер, аналогичными построениями определяют точки 2_2, 3_2, ...

Горизонтальную проекцию линии пересечения получают построением вспомогательных окружностей, лежащих на поверхности конуса

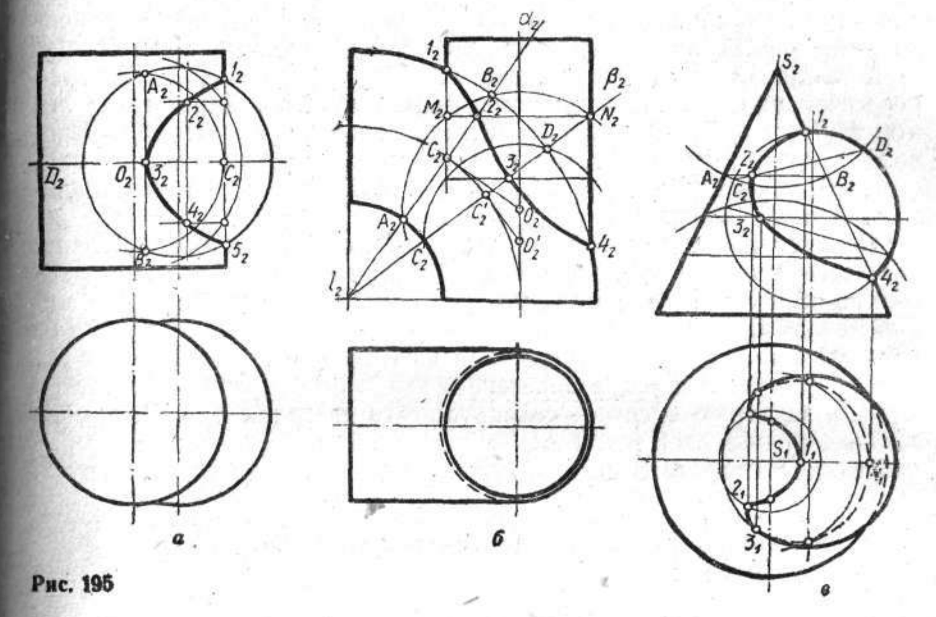


Рис. 195

или на поверхностях сфер-посредников, на которых находятся точки линии пересечения. На рис. 194, *б* показано, что для построения горизонтальной проекции точки *3* строится окружность радиуса *R*, лежащая на поверхности конуса. Точка 4_1, лежащая на очерковой образующей цилиндра, отделяет на Π_1 видимую часть линии пересечения от невидимой.

При решении задач на пересечение поверхностей вращения второго порядка следует помнить, что пространственная линия пересечения проецируется на плоскость, параллельную плоскости симметрии данных фигур (в нашем случае на плоскость Π_2), в виде кривой второго порядка. Линия пересечения конуса и цилиндра дает в проекции ветвь гиперболы, а пересечение этих поверхностей со сферой — параболу.

Упражнение. Рассмотрите и поясните построение, выполненное на рис. 195, *а*.

Способ ексцентрических сфер заключается в использовании сфер, имеющих различные центры. Введение эксцентрических сферических посредников расширяет область применения способа сфер. Так, вместо поверхностей вращения можно брать поверхности, содержащие круговые сечения. Примерами таких поверхностей служат трехосный эллипсоид, тор, наклонный цилиндр и др.

На рис. 195, *б* цилиндр пересекается с круговым кольцом (тором). Высшая 1_2 и низшая 4_2 опорные точки определяются непосредственно из чертежа на пересечении очерковых образующих цилиндра с очерковой образующей тора, так как они лежат в общей фронтальной плоскости. Для определения промежуточных точек применяют скользящие сферы. Через ось тора проводят случайную фронтально проецирующую плоскость α. Эта плоскость пересекает тор по окружности

диаметра A_2B_2 с центром в точке C_2. Из точки C_2 восставляют перпендикуляр к следу α_2 до пересечения с осью цилиндра в точке O_2. Из этой точки, как из центра, проводят сферу радиусом O_2A_2, которая пересечет цилиндр по окружности диаметра M_2N_2. Пересечение линий M_2N_2 и A_2B_2 дает пару промежуточных точек кривой (2_2). Проводя вторую вспомогательную фронтально проецирующую плоскость β, определяют пару точек 3_2 и т. д. Полученные точки соединяют плавной кривой.

На рис. 195, *в* способом эксцентрических сфер решена задача на пересечение конуса со сферой: Так как сфера имеет бесчисленное множество осей симметрии, то за центр вспомогательных сфер-посредников можно принять любую точку, лежащую на оси конуса или на ее продолжении. В нашем случае одна из сфер проведена из точки S_2, как из центра. Эта сфера пересекает конус по окружности диаметра A_2B_2, а заданную сферу — по окружности диаметра C_2D_2. Взаимное их пересечение дает точку 2_2. Точка 3_2 найдена проведением сферы-посредника из другого центра, лежащего на продолжении сси конуса.

15.6. Пересечение кривых поверхностей второго порядка по плоским кривым

При взаимном пересечении двух кривых поверхностей второго порядка возможны случаи, когда пространственная кривая распадается на две плоские кривые. Случай распадения отвечает теореме Монжа:

если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым.

На рис. 196, *а, б* изображены цилиндры, оси которых пересекаются между собой. Диаметры этих цилиндров одинаковы. Линиями пересечения цилиндрических поверхностей будут два эллипса, которые на плоскость Π_2 проецируются отрезками прямых, расположенными по биссектрисам углов между проекциями осей цилиндров.

На рис. 196, *в* цилиндр и конус описаны вокруг сферической поверхности. Согласно теореме Монжа линия их пересечения распадается на две плоские кривые — два эллипса, проходящих через точки пересечения очерковых образующих поверхностей. На плоскость Π_2 эллипсы проецируются отрезками прямых, а на Π_1 — в виде эллипсов.

Существует и другая теорема:

если две кривые поверхности пересекаются по одной плоской кривой, то они пересекаются и по второй плоской кривой.

На рис. 196, *г* изображен такой случай пересечения.

Упражнение. Рассмотрите и поясните, как построены линии пересечения на воздуховоде, изображенном на рис. 196, *д*.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая линия образуется в пересечении двух многогранников? двух поверхностей второго порядка? многогранника с телом вращения?
2. По какому плану решаются задачи на пересечение поверхностей?

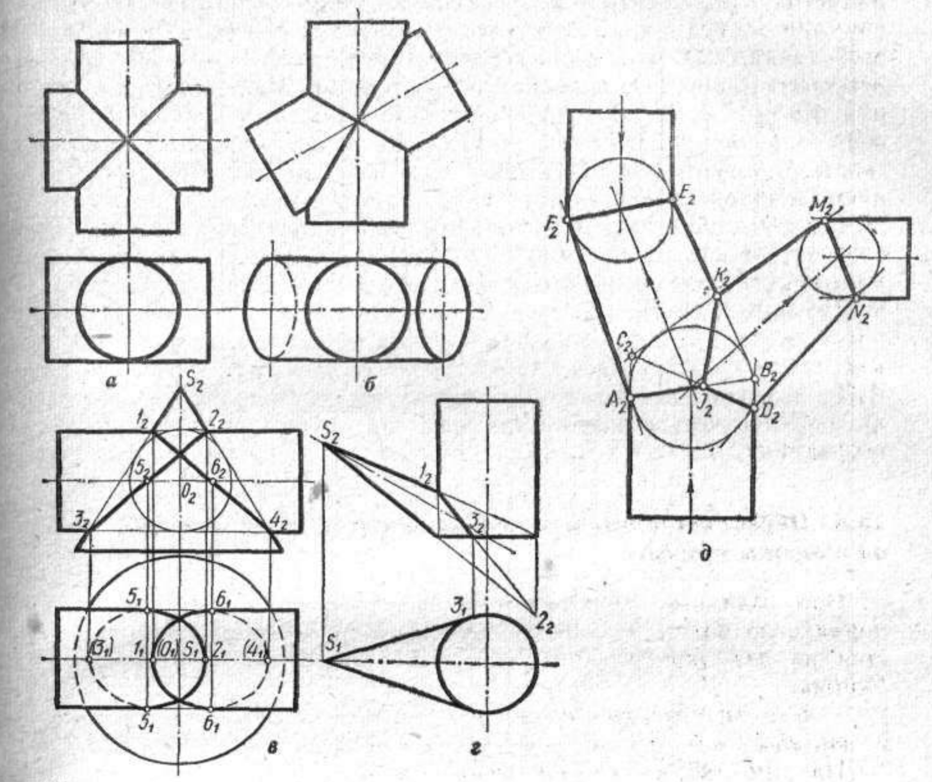


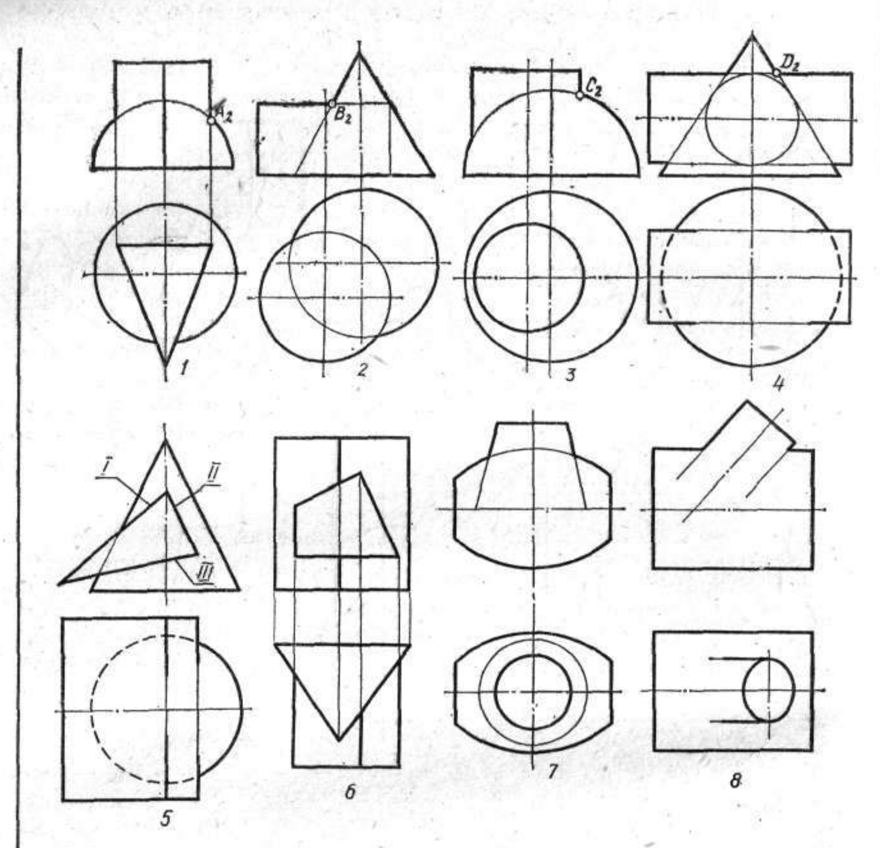
Рис. 196

3. Как определяется видимость точек линии пересечения?
4. Как пересекаются между собой поверхности вращения с общей осью?
5. Сформулируйте план решения задач при помощи сферических посредников?
6. Сформулируйте теорему Монжа.
7. Какие условия необходимы для решения задач способом сферических посредников?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Взаимное пересечение поверхностей». Правильность ответов проверьте на с. 442.

Карта программированного контроля по теме „Взаимное пересечение поверхностей"

1. На каких рисунках для решения задач целесообразно применить горизонтальные секущие плоскости (рис. 1—8)?
2. На каких рисунках для решения задач целесообразно применить фронтальные секущие плоскости (рис. 1—8)?
3. На каких рисунках задачи могут быть решены при помощи сфер (рис. 1—8)?
4. В каких случаях для решения задач используют теорему Монжа (рис. 1—8)?
5. Сколько вершин имеет замкнутая линия пересечения призм на рис. 6?
6. Какие кривые образуются в пересечении конуса гранями *I*, *II*, *III* призмы (рис. 5)?
7. Какие из точек *A*, *B*, *C*, *D* принадлежат линии пересечения заданных поверхностей (рис. 1—4)?



8. В каких случаях в пересечении образуется одна замкнутая линия (рис. 1—8)?
9. На каких рисунках линия пересечения представляет собой плавную замкнутую кривую (рис. 1—8)?
10. На каких рисунках линия пересечения состоит из нескольких плоских кривых второго порядка (рис. 1—8)?

§ 16. ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

16.1. Общие положения

Техническим рисунком называется изображение предмета в аксонометрической проекции, выполненное от руки и на глаз.

Технический рисунок служит вспомогательным средством при проектировании машин и изделий. Он развивает пространственное мышление, зрительную память, чувство пропорции, наблюдательность, эстетический вкус и способствует лучшему пониманию чертежа. Целью изучения рисования в техникуме является приобретение навыков в изображении сравнительно несложных по форме предметов и геометрических тел в аксонометрических проекциях.

Приведем некоторые общие указания, рекомендуемые в процессе рисования:

1. Лист бумаги для рисования закрепляют кнопками на фанере или небольшой чертежной доске. Во время работы планшет держат наклонно, под углом 60°. Один конец планшета упирается в колени учащегося, а второй — в стол или спинку стула.

2. Лист бумаги должен быть хорошо освещен; на него не должна падать тень от учащегося. Расстояние от глаз рисующего до предмета должно быть по крайней мере в три раза бо́льшим размеров самого предмета.

3. В процессе рисования держать карандаш рекомендуется тремя пальцами: большим, указательным и средним. Рисовать следует свободно, без напряжения, движения руки должны быть твердыми и уверенными.

4. Рисовать следует сидя, сохраняя прямое и спокойное положение головы и корпуса тела. Для рисования используют карандаши марок *М* и 2*М*.

16.2. Рисование прямых линий и углов

Первые упражнения учащиеся начинают с проведения горизонтальных, вертикальных и наклонных прямых линий (рис. 197, *а—г*). Рисуют мягким тонко заостренным карандашом. Длину отрезков рекомендуется брать в пределах 80—100 *мм* и выдерживать одинаковое расстояние между параллельными линиями каждой группы. Чтобы провести линию, намечают несколько точек и движением карандаша в воздухе мысленно соединяют их. Затем соединяют точки на бумаге тонкой линией, проверяют ее прямолинейность и окончательно наводят линией нужной толщины. На рис. 197 стрелками показаны направления, в которых рекомендуется проводить линии различных групп.

Следует научиться «на глаз» делить произвольный отрезок прямой на любое число равных частей, например на 2, 4, 5, 6 и т. д. частей (рис. 197, *д*). Чтобы построить прямой угол, проводят две взаимно перпендикулярные прямые, сравнивают на глаз полученные смежные углы, если нужно, вносят поправки и наводят линией определенной толщины (рис. 197, *е*). На рис. 197, *ж* показано, как рисовать углы в 45 и 60°, используя значения тангенсов этих углов (1 : 1 и 5 : 3).

Чтобы разделить произвольный угол пополам, в том числе и прямой (рис. 197, *з*), на сторонах угла откладывают равные отрезки *АВ* и *АС*. Отрезок *ВС* делят пополам. Биссектриса угла *ВАС* пройдет из вершины *А* через точку *М* — середину отрезка. На этом же рисунке показано, как поделить угол на четыре и три равные части. В последнем случае проводят дугу окружности, делят ее на три равные части и точки деления соединяют с точкой *А*.

Для построения осей прямоугольной изометрии и диметрии нужно научиться рисовать углы 30; 7 и 41°. На рис. 198 показано, как это выполняют в техническом рисовании. Для построения осей

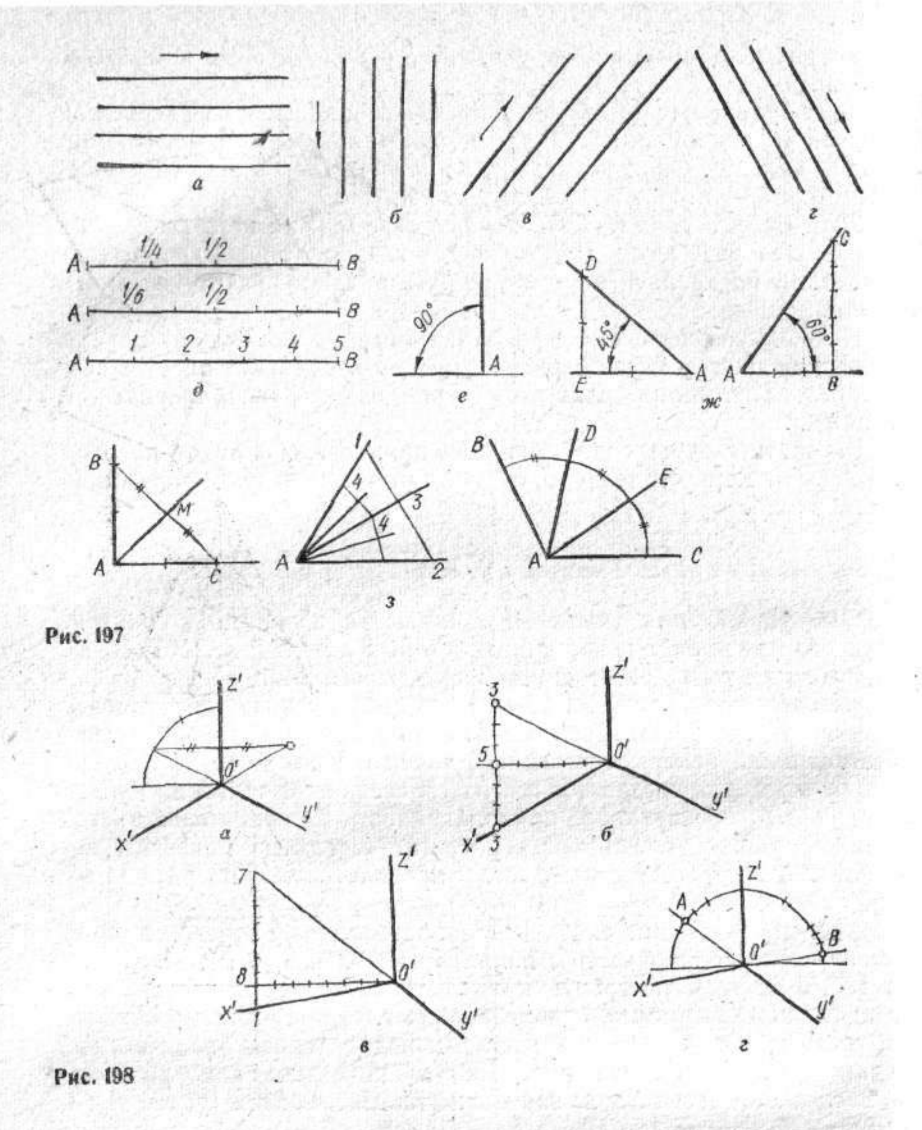


Рис. 197

Рис. 198

в прямоугольной изометрии применяют два способа: 1) деление дуги четверти окружности на три равные части (рис. 198, *а*); 2) использование значения тангенса угла 30°, равного 3 : 5 (рис. 198, *б*). Для построения осей $O'x'$ и $O'y'$ в прямоугольной диметрии под углами 7 и 41° на рис. 198, *в* использованы значения тангенсов этих углов (1 : 8 и 7 : 8). Другой способ построения показан на рис. 198, *г*. Четверть дуги окружности делят на три равные части и среднюю треть делят еще на три части. Соединяя точку A с началом осей O', получают направление оси $O'y'$. Для получения оси $O'x'$ нижнюю треть делят на четыре части и точку B соединяют с началом осей проекций.

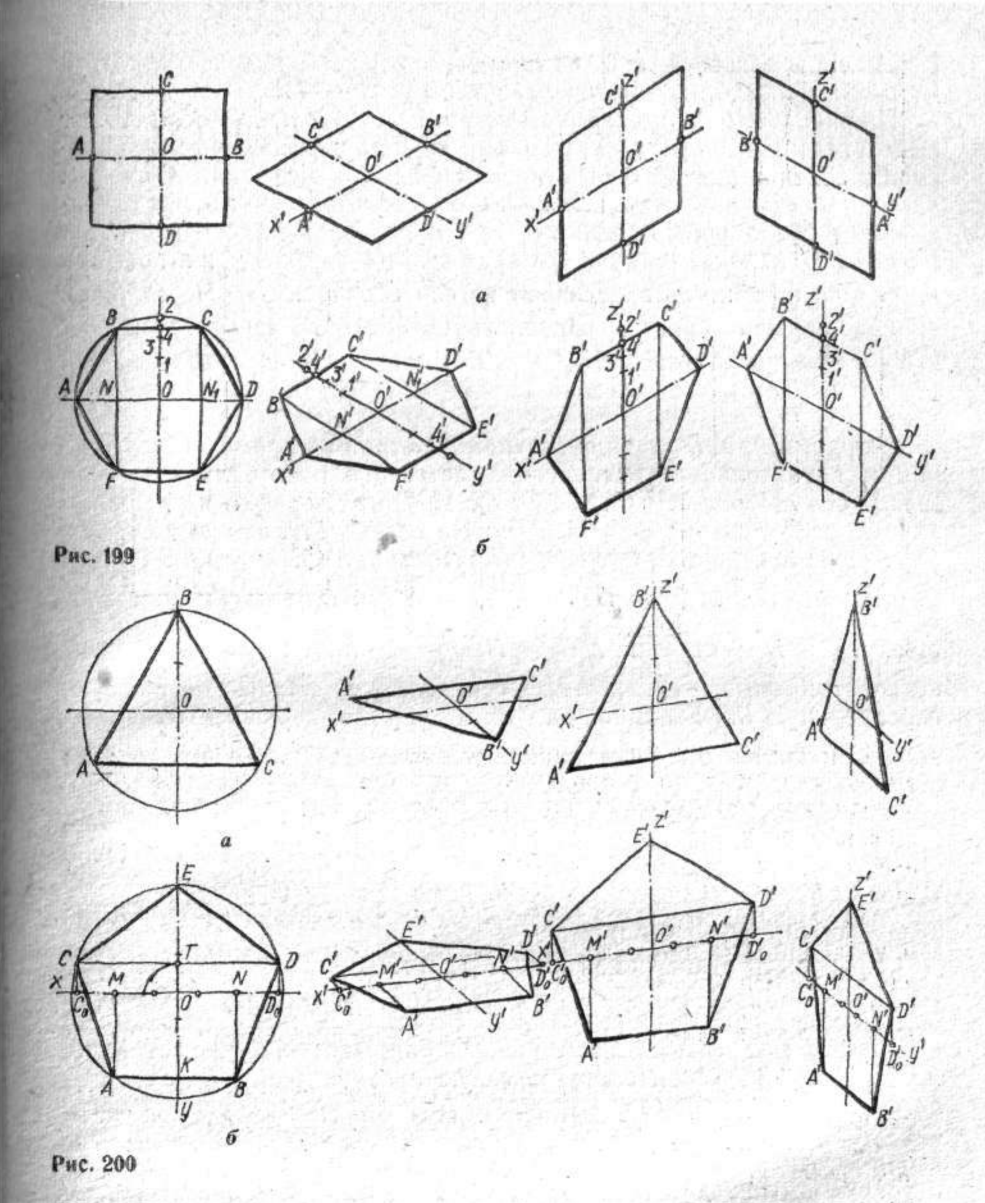


Рис. 199

Рис. 200

16.3. Рисование плоских фигур

На рис. 199, *а* в изометрии нарисован квадрат. Чтобы нарисовать изометрию квадрата, лежащего в плоскости Π_1, проводят оси $O'x'$ и $O'y'$ и откладывают на осях от точки O' отрезки $O'A'$, $O'B'$, $O'C'$ и $O'D'$, равные половине длины стороны квадрата. Через полученные точки A', B', C', D' проводят прямые, параллельные аксонометрическим осям. Квадрат в изометрии изображается в форме ромба. На рис.

199, *а* справа изображены квадраты, лежащие в плоскостях Π_2 и Π_3 или в плоскостях, им параллельных.

На рис. 199, *б* нарисован в изометрии шестиугольник. Если вокруг шестиугольника описать окружность, то нетрудно заметить, что сторона BC делит радиус $O2$ в отношении $1:8$, а диагональ AD равна удвоенной стороне шестиугольника. На изометрических осях откладывают в обе стороны от точки O' величину стороны шестиугольника. На оси $O'y'$ находят точку $4'$, которая делит отрезок $O'2'$ в отношении $1:8$. Симметрично ей определяют на оси $O'y'$ точку $4_1'$. Через точки $4'$ и $4_1'$ проводят прямые, параллельные оси $O'x'$, а через точки N' и N_1' (середины отрезков $O'A'$ и $O'D'$) — прямые, параллельные оси $O'y'$. Взаимное их пересечение дает вершины шестиугольника B', C', E', F'.

На рис. 200, *а*, *б* в прямоугольной диметрии изображены треугольник и пятиугольник. Рассмотрим построение пятиугольника, если задана его сторона AB (рис. 200, *б*). Проводят взаимно перпендикулярные координатные оси Ox и Oy. На оси Ox откладывают отрезок MN, равный величине стороны пятиугольника ($MN = AB$). На оси Oy откладывают отрезок $OT = \frac{OM}{2}$, а на оси Ox влево и вправо от точек M и N — отрезки $MC_0 = ND_0 = \frac{1}{3}MN$. Из точек C_0 и D_0 проводят прямые, параллельные оси Oy, а из точки T — прямую, параллельную Ox. Взаимное их пересечение дает вершины пятиугольника C и D. На оси Oy откладывают отрезок $OK = \frac{2}{3}MN$ и через точку K проводят прямую, параллельную оси Ox, на которой откладывают величину AB стороны пятиугольника. Для построения вершины E откладывают отрезок KE, равный $3AK$. Соединяя точки A, B, D, E, C, получают пятиугольник. В такой же последовательности рисуют пятиугольник в диметрии, но с учетом показателя искажения по оси $O'y'$ ($q = 0{,}5$).

Окружность в аксонометрической проекции изображается в виде эллипса. На рис. 201 изображены различные случаи построения окружности в изометрии и диметрии. На осях $O'x'$ и $O'y'$ (рис. 201, *а*) откладывают отрезки, равные радиусу окружности, и рисуют ромб, представляющий собой изометрическую проекцию квадрата, описанного вокруг окружности. Отрезок $O'L'$ делят на три равные части и из точки K' проводят прямую, параллельную оси $O'x'$ до пересечения в точках B' и D' с направлениями главных осей эллипса. Симметрично им находят точки A' и C'. По восьми найденным точкам рисуют эллипс.

На рис. 201, *б* построение эллипса в изометрии выполнено по большой заданной оси способом «блокирования». Для этого большую ось эллипса делят на пять равных частей и откладывают на направлении малой оси три такие части. Отрезок $C'D'$ — малая ось эллипса. Через концы осей эллипса проводят дуги, пересекающие оси эллипса за его пределами, и образованные углы пересечения дуг постепенно скругляют.

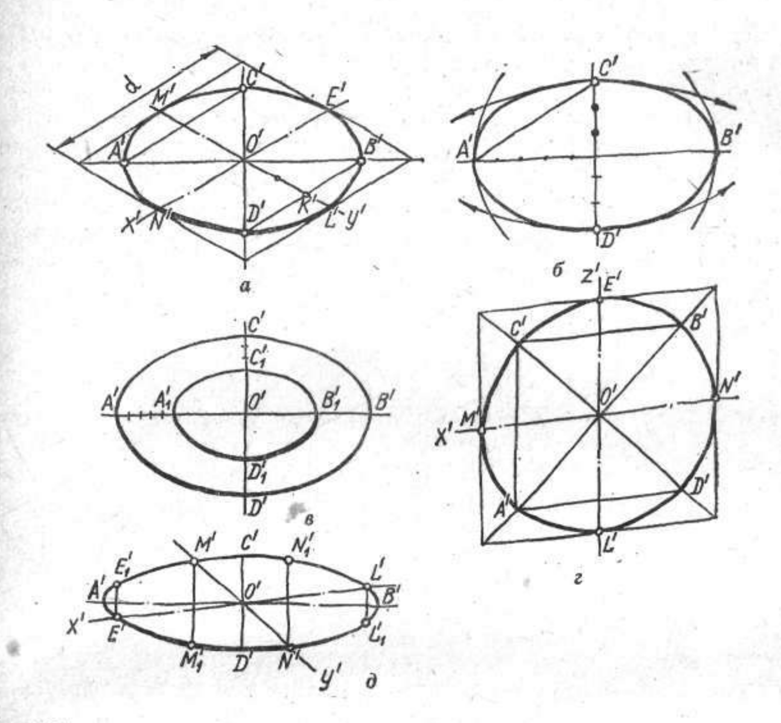


Рис. 201

При изображении в изометрии двух концентрических окружностей следует учесть, что расстояние между эллипсами по малой оси относится к расстоянию между ними по большой оси, как 3 : 5 (рис. 201, *в*).

На рис. 201, *г* по сопряженным диаметрам в прямоугольной диметрии построен эллипс, расположенный в плоскости Π_2. На аксонометрических осях откладывают отрезки $M'N'$ и $E'L'$, равные диаметру окружности, и строят ромб. Диагонали ромба дают направления главных осей эллипса. Отрезок $O'M'$ делят на три равные части и проводят прямую $A'C'$, параллельную оси $O'z'$. Полученные точки A' и C' принадлежат большой и малой осям эллипса. Симметрично им определяют точки B' и D' и по восьми точкам рисуют эллипс.

Для изображения диметрии эллипса в плоскости Π_1 или Π_3 проводят направления главных осей (рис. 201, *д*). По оси $O'x'$ откладывают отрезок $E'L'$, равный диаметру окружности, а по оси $O'y'$ — отрезок $M'N'$, равный половине диаметра. Из точек E', M', N', L' проводят прямые, перпендикулярные к $A'B'$, и находят симметричные им точки E_1', M_1', N_1', L_1'. Найденные восемь точек позволяют нарисовать эллипс.

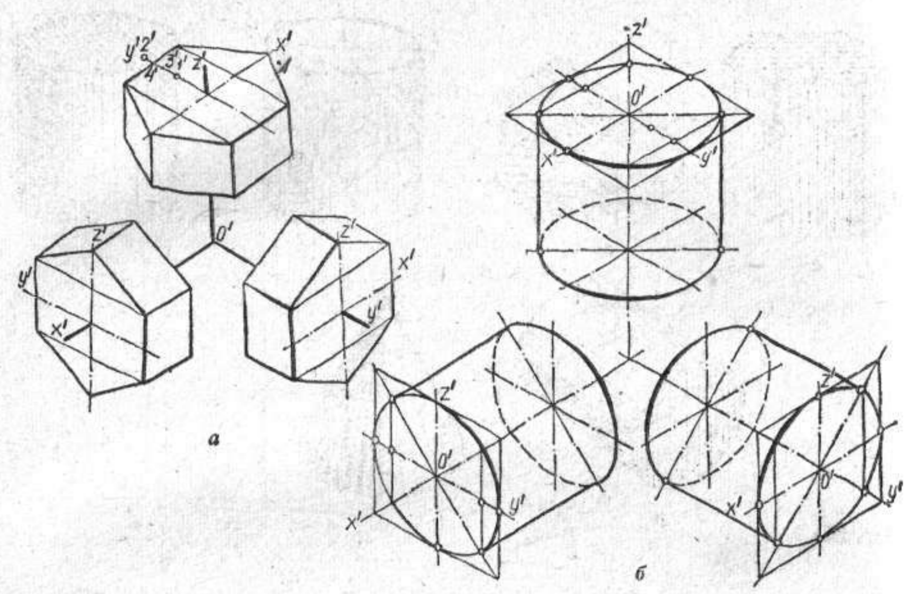


Рис. 202

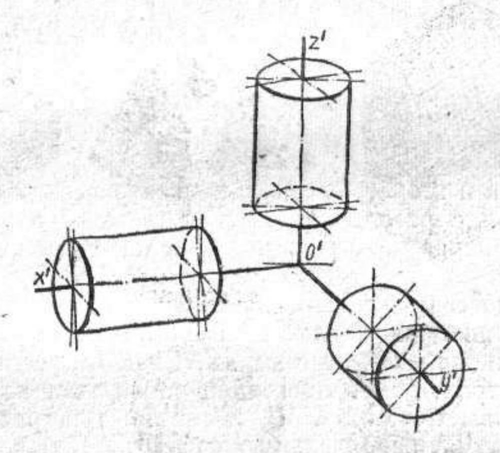


Рис. 203

16.4. Рисунки геометрических тел

На рис. 202, *а* в изометрии нарисованы шестигранные призмы, основания которых лежат в разных плоскостях проекций. На рис. 202, *б* дано аналогичное изображение в изометрии прямого кругового цилиндра.

На рис. 203 цилиндры изображены в прямоугольной диметрии. Большие оси эллипсов оснований цилиндров соответственно перпендикулярны к осям $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, т. е. к осям вращения этих цилиндров; отношение величины большой оси к малой составляет 1 : 3 и 9 : 10. Размеры по оси $O'y'$ сокращены вдвое.

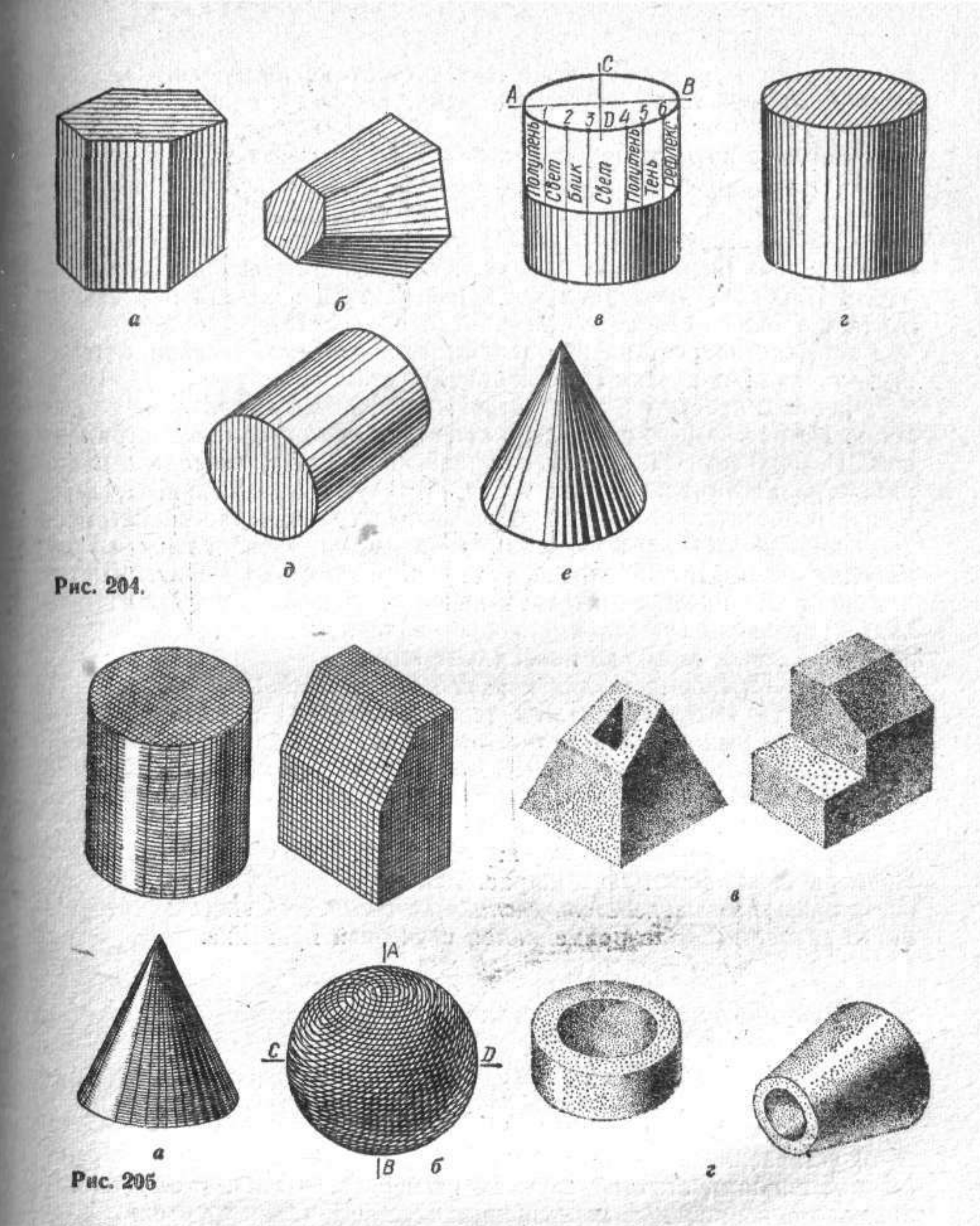


Рис. 204.

Рис. 205

16.5. Оттенение поверхности предметов

Чтобы получить впечатление объемности и придать рисунку наглядность, на изображение наносят светотени. *Светотенью называется распределение света на поверхности предмета.* В рисовании принято, что источник света условно расположен сверху, слева и сзади от рисующего, т. е. освещение левостороннее. Угол наклона световых лу-

чей к горизонту равен 45°. Светотень состоит из следующих элементов: падающей тени, собственной тени, рефлекса, полутени, света и блика.

Падающие тени, т. е. тени, отбрасываемые предметом на поверхность, на технических рисунках не показывают. *Собственной тенью* называется тень, находящаяся на неосвещенной части предмета. *Полутень* — это участки перехода от света к тени. *Рефлексом* называется отраженный свет на поверхности предмета в его неосвещенной части. Наиболее освещенная часть поверхности предмета называется *светом,* а *блик* — самое светлое пятно на предмете.

Светотень наносят на рисунок штриховкой, шрафировкой, оттенением точками и другими способами.

Наиболее простым и распространенным способом является *штриховка.* На рис. 204, *а, б* показано оттенение многогранников штриховкой. Поверхности многогранника заштриховывают параллельными линиями. Вертикальные плоскости штрихуют вертикальными прямыми, горизонтальные — прямыми, параллельными аксонометрическим осям $O'x'$ и $O'y'$, а наклонные — прямыми, параллельными углу наклона плоскости. Расстояние между штрихами — 1 —3 *мм.* Выступающие ребра предмета оттеняют наиболее яркими и толстыми штрихами. Различная густота штрихов позволяет добиться различных тонов — от светло-серых до наиболее темных.

На рис. 204, *в* цилиндра показано вспомогательное построение, позволяющее выделить участки тени, полутеней, рефлекса и т. п. Для этого половину эллипса основания делят на шесть равных частей. Штриховать начинают с наиболее темных участков. На рис. 204, *г—е* показано нанесение светотени для цилиндров и конусов при различных их положениях.

Шрафировка — это штриховка сеткой, т. е. двойная штриховка. Примеры шрафировки даны на рис. 205, *а, б.* На рис. 205, *в, г* объемность предмета выявлена *оттенением точками.* Эти способы требуют много времени и мало применяются в учебной практике.

16.6. Рисунки технических деталей

Рисовать детали можно с натуры или с чертежа. И в том и в другом случае последовательность работы примерно такова:

а) изучают деталь и определяют ее рабочее положение;

б) устанавливают на глаз приблизительное соотношение ее размеров (длины, ширины, высоты), а также размеры ее частей, т. е. устанавливают пропорциональные зависимости между частями детали;

в) изучают конструкцию детали, мысленно расчленяя ее на простые геометрические формы;

г) устанавливают необходимость разреза при наличии в детали внутренних полостей;

д) в зависимости от формы и конструкции предмета выбирают тот или другой вид аксонометрического изображения на рисунке;

е) намечают композицию рисунка.

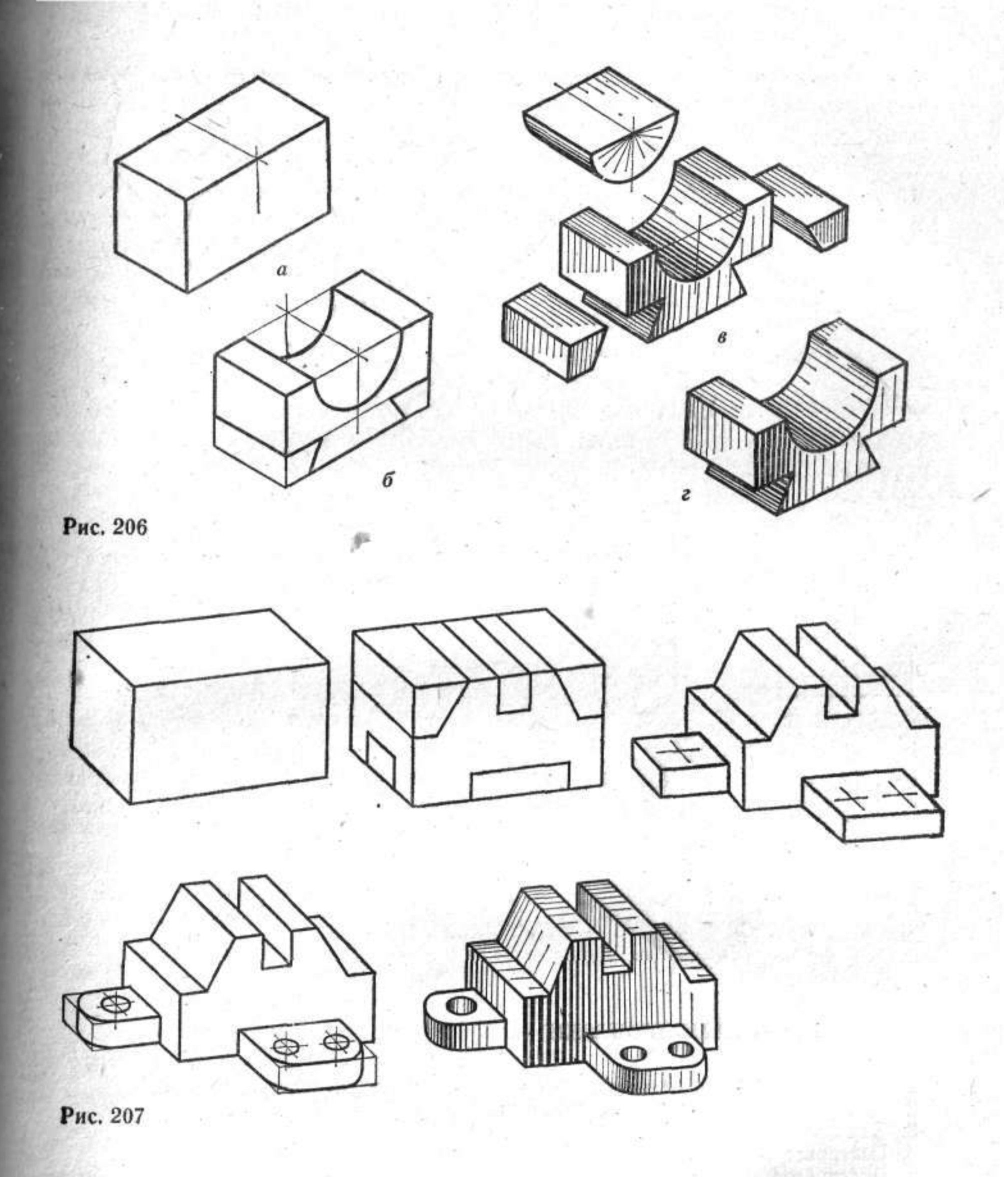


Рис. 206

Рис. 207

В зависимости от формы предмета рекомендуют различные рациональные способы построения рисунка. На рис. 206 дана последовательность построения рисунка детали по ее заготовке. На рис. 207 показан другой способ — наращивание отдельных мелких элементов к основной части детали. На рис. 208 указана последовательность построения рисунка в том случае, когда форма предмета представляет собой совокупность тел вращения, размещенных на одной оси. На рис. 209 рисунок детали выполнен по готовому чертежу.

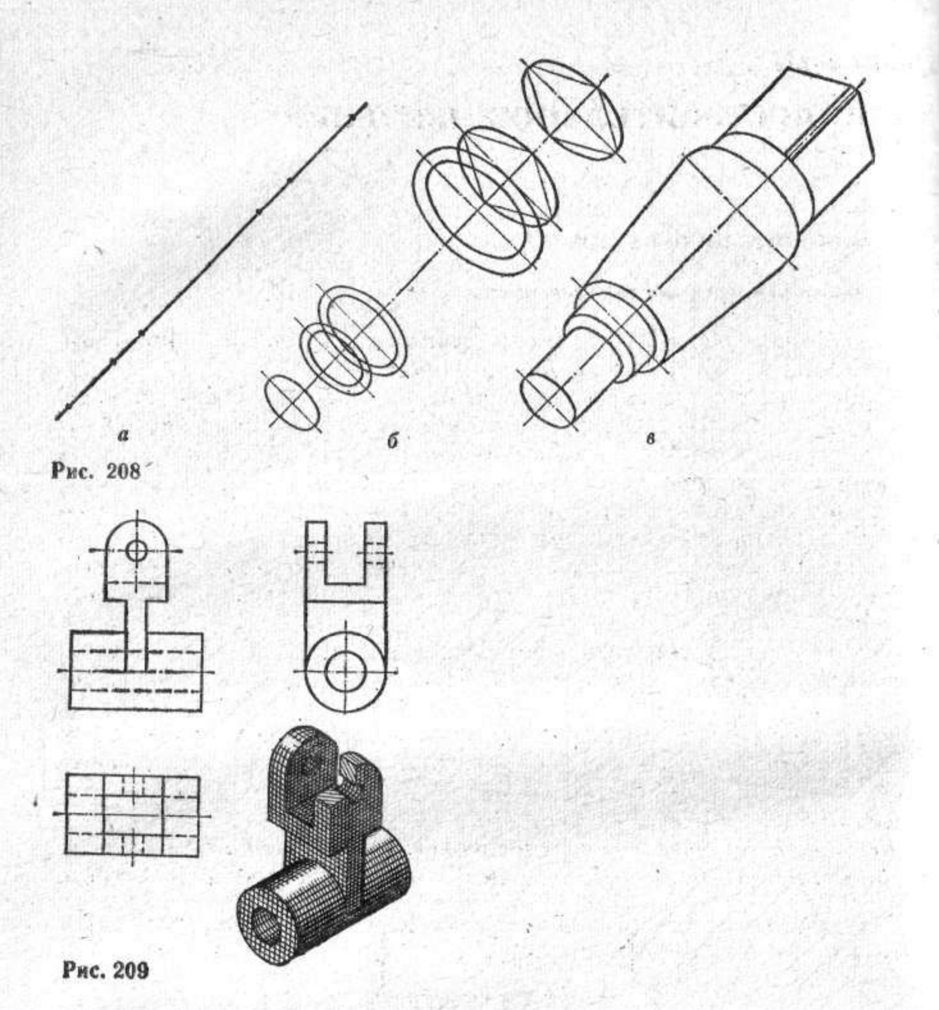


Рис. 208

Рис. 209

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В какой последовательности выполняют технический рисунок детали?
2. Как разделить угол на две, три, четыре равные части?
3. Как построить на глаз углы в 30, 45, 60 и 75°?
4. Постройте рисунок равнобокой трапеции в изометрии и в диметрии.
5. Постройте рисунок окружности в изометрии и в диметрии, если окружность лежит в плоскостях, параллельных плоскостям проекций $П_1$ и $П_3$.
6. Постройте в изометрии и в диметрии треугольную призму, ось которой перпендикулярна к плоскости проекций $П_2$.
7. Постройте в изометрии и в диметрии рисунок шестиугольной пирамиды, ось которой перпендикулярна к плоскости проекций $П_3$.
8. Постройте в изометрии и в диметрии рисунок прямого кругового цилиндра, ось которого перпендикулярна к плоскости проекций $П_2$.
9. Передайте штриховкой светотень на призме, пирамиде и конусе.
10. Выполните с натуры несколько рисунков технических деталей.

Раздел III

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

§ 17. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

17.1. Изделия и их составные части

Изделием называется любой предмет или набор предметов, подлежащих изготовлению на предприятии.

В зависимости от назначения их делят на изделия основного и вспомогательного производства. *Изделия основного производства* предназначены для реализации, а *вспомогательного* — для собственных нужд предприятия, которое их изготавливает. Например, если предприятие выпускает двигатели, инструменты и крепежные детали для реализации, то их относят к изделиям основного производства; если же инструменты и крепежные детали предназначены только для собственных нужд предприятия, то их относят к изделиям вспомогательного производства.

По ГОСТ 2.101—68 различают следующие виды изделий: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. В зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей изделия делят на *неспецифицированные* (детали)— не имеющие составных частей—и *специфицированные* (сборочные единицы, комплексы, комплекты) —состоящие из двух и более составных частей. Виды изделий и их структура схематично показаны на рис. 210.

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций, например: валик из одного

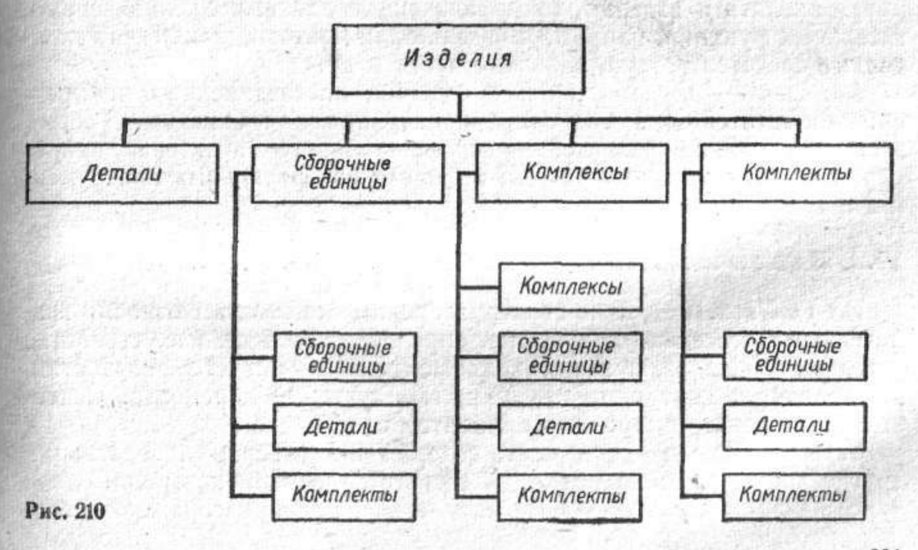


Рис. 210

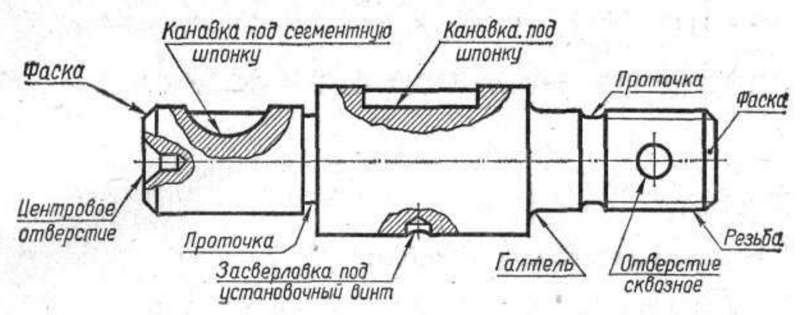


Рис. 211

куска металла, литой корпус, маховичок из пластмассы (без арматуры), отрезок кабеля, пластина из биметаллического листа, винт хромированный и др. Часть детали, имеющая определенное назначение, называется элементом детали. Элементами детали являются фаски, проточки, сквозные отверстия, шпоночные канавки, центровые отверстия, галтели, уклоны, пазы, лыски, резьба и т. п. (рис. 211).

Сборочная единица — это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе при помощи сборочных операций. К ним относятся сварка, пайка, свинчивание, клепка, опрессовка, развальцовка, склеивание, сшивка, укладка и т. п.

Комплекс — это два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: автоматическая линия станков, цех-автомат, завод-автомат, бурильная установка, метеорологическая ракета, корабль и т. п.

В комплекс, кроме изделий, выполняющих основные функции, могут входить и изделия, предназначенные для выполнения вспомогательных функций, например: изделия для монтажа комплекса, укладочные средства и тара, запасные части и др.

Комплект — это два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект измерительных инструментов и т. п.

17.2. Виды и комплектность конструкторских документов

По ГОСТ 2.102—68 к конструкторским документам относят графические и текстовые документы, определяющие состав и устройство изделия и содержащие необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Основные виды конструкторских документов следующие:

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж — документ, содержащий изображение сбо-

рочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы.

Габаритный чертеж — документ, содержащий контурное изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

Монтажный чертеж — документ, содержащий контурное изображение изделия, а также данные, необходимые для его монтажа на месте применения.

Схема — документ, на котором в виде условных изображений или обозначений показаны составные части изделия и связи между ними.

Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

Пояснительная записка — документ, содержащий описание устройства и принципа действия изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Технические условия — документ, содержащий эксплуатационные показатели изделия и методы контроля его качества.

Кроме перечисленных, к конструкторским документам относят таблицы, расчеты, ведомости, программу испытаний и другие документы.

В зависимости от способа выполнения и характера использования конструкторские документы делят на оригиналы, подлинники, дубликаты и копии.

Оригиналы — это документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников.

Подлинники — документы, оформленные подлинными установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократно воспроизводить с них копии.

Дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снимать с них копии.

Копии — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинниками или дубликатами. Копии предназначены для непосредственного использования на производстве, в эксплуатации и ремонте изделия.

Если документы предназначены для разового использования в производстве, допускается выполнять их в эскизном виде. В зависимости от стадии разработки документы подразделяются на проектные (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и рабочие (рабочая документация). ГОСТ 2.103—68 устанавливает содержание отдельных стадий разработки:

техническое предложение — это совокупность конструкторских документов, содержащих техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания и различных вариантов решения вопроса;

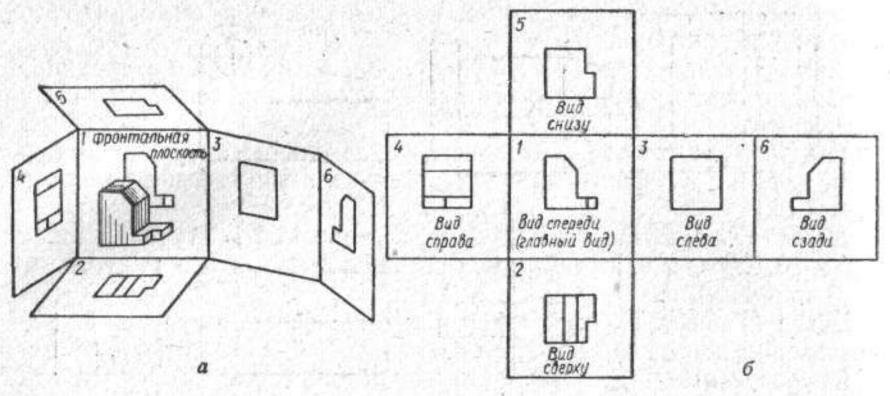


Рис. 212

эскизный проект — совокупность конструкторских документов, содержащих принципиальное конструктивное решение и общее представление об устройстве и принципе работы изделия. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта;

технический проект — совокупность конструкторских документов, содержащих окончательное техническое решение, дающих полное представление о работе изделия и содержащих данные для разработки рабочей документации.

Рабочая документация предназначена для непосредственного изготовления, контроля, ремонта изделия и его составных частей.

§ 18. ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ, СЕЧЕНИЯ (ГОСТ 2.305—68)

18.1. Общие положения

Чертеж изделия должен с исчерпывающей полнотой передавать его форму, размеры и содержать данные, необходимые для изготовления и контроля.

Для построения технических чертежей пользуются способом прямоугольного проецирования. При этом предмет располагают между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. В качестве основных плоскостей проекций принимают шесть граней пустотелого куба, внутри которого мысленно размещают предмет и проецируют его на внутренние поверхности граней. Следовательно, имеется шесть основных плоскостей проекций (рис. 212, *а*): две фронтальные (*1* и *6*), две горизонтальные (*2* и *5*) и две профильные (*3* и *4*). Из этих шести плоскостей проекций чаще всего используют фронтальную *1*, горизонтальную *2* и профильную *3*.

Разрезая куб по ребрам, развертывают его так, чтобы все грани совместились с фронтальной плоскостью проекций, как показано на рис. 212, *б*. В результате совмещения образуется плоский комплексный чертеж,

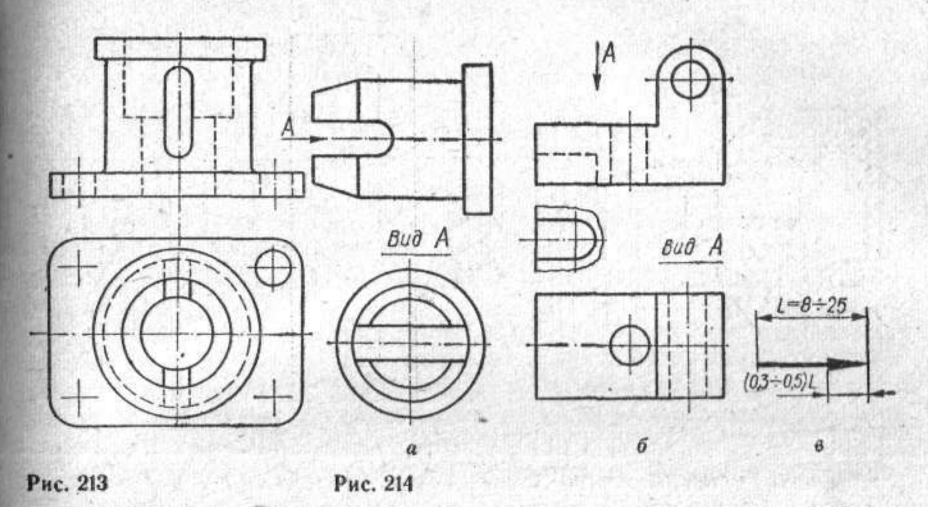


Рис. 213 Рис. 214

Изображение на передней фронтальной плоскости проекций принимают за главное. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости так, чтобы наиболее полно выявить его форму и размеры при рациональном использовании поля чертежа. Правильный выбор главного изображения обусловливает и минимальное число необходимых изображений. На выбор главного изображения влияет ряд конструктивных и технологических факторов, о которых речь пойдет в § 20.

В зависимости от содержания изображения делятся на виды, разрезы и сечения. Количество их должно быть наименьшим, но достаточным для полного представления об изображаемом предмете. При этом используют условные обозначения, знаки и надписи, предусмотренные стандартами.

18.2. Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета (рис. 213).

Если необходимо пояснить чертеж, то на виде штриховыми линиями допускается указывать невидимый контур предмета. Это позволяет уменьшить число изображений.

Виды разделяют на основные, дополнительные и местные.

Основными называются виды, полученные проецированием предмета на шесть основных плоскостей проекций. Каждый вид имеет свое название в зависимости от направления проецирования (рис. 212, *б*). За основу организации чертежа принимают *вид спереди* — главный вид предмета. Каждый из остальных видов размещается определенным образом относительно главного: *вид сверху* — под главным, *вид слева* — справа от главного, *вид снизу* —над главным и т. д.

Если чертеж выполнен на одном листе бумаги и основные виды расположены в проекционной связи, то их не надписывают. Исключением из этого правила является:

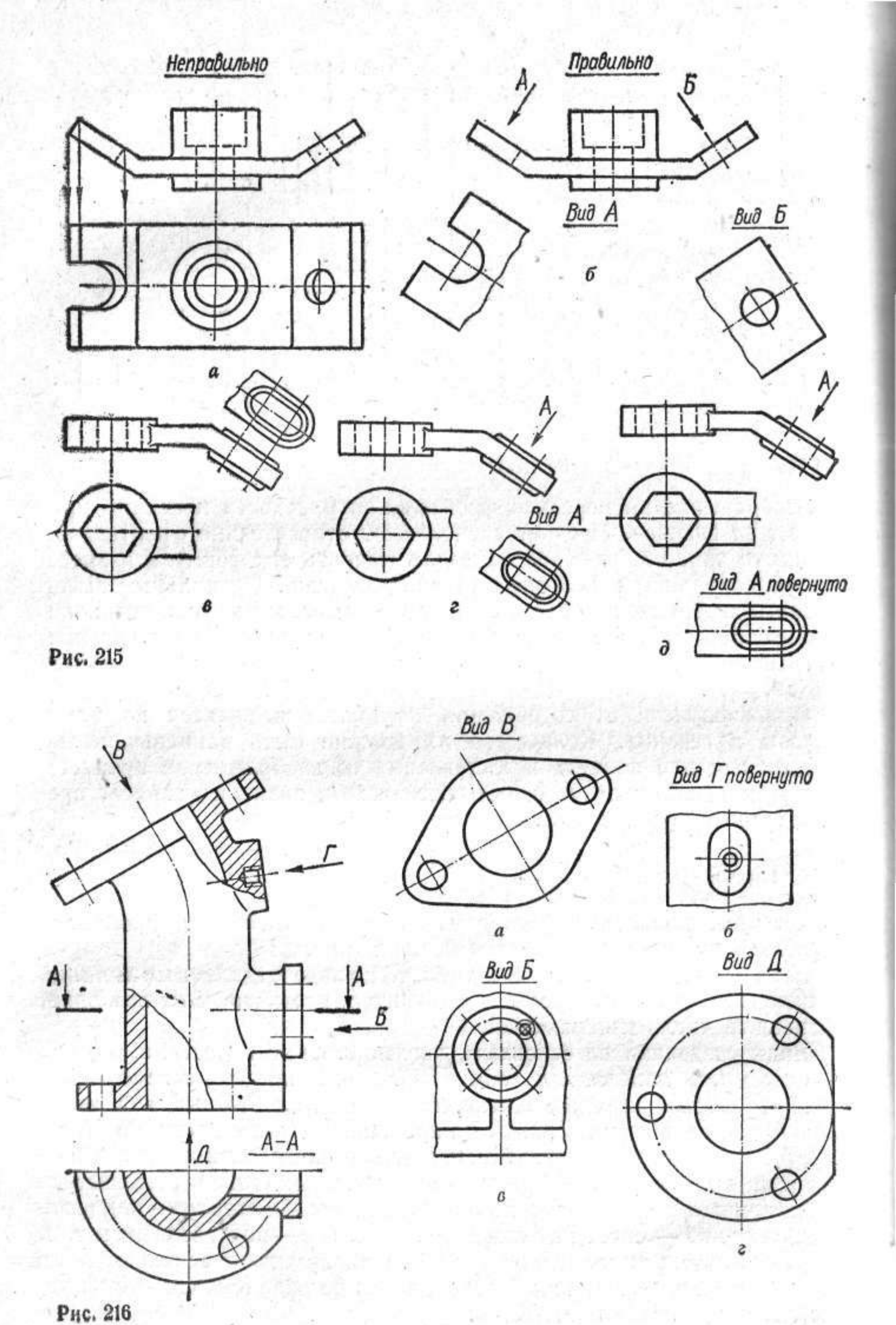


Рис. 215

Рис. 216

а) смещение какого-либо вида относительно главного изображения с целью лучшего использования поля чертежа, уменьшения формата и т. п. (рис. 214, *а*);

б) размещение какого-либо изображения между главным и заданным видами (рис. 214, *б*);

в) выполнение вида не на одном листе с главным изображением. Во всех перечисленных случаях вид сопровождается надписью типа «Вид А», а направление взгляда указывается стрелкой с той же большой буквой (рис. 214, *а*, *б*). Размеры стрелки должны отвечать рис. 214, *в*.

Дополнительными называются виды, полученные проецированием на произвольно выбранную плоскость, не параллельную основным плоскостям проекций. Используют эти виды в тех случаях, когда часть предмета наклонена к основным плоскостям проекций и изображается на них искаженно (рис. 215, *а*).

Располагают дополнительную плоскость параллельно заданному наклонному элементу детали, который проецируется на эту плоскость в натуральную величину, без искажения (рис. 215, *б* и 216, *а*).

Надписывают дополнительные виды по типу «Вид А», «Вид Б» (рис. 215, *б*), а направление взгляда у изображения предмета указывают стрелкой с той же большой буквой русского алфавита. Если дополнительный вид размещен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то стрелку не показывают и надписи не делают (рис. 215, *в*). Располагать дополнительный вид рекомендуется вблизи изображаемого элемента предмета. Как правило, это расположение должно отвечать направлению, указанному стрелкой (рис. 215, *г*). Разрешается повертывать дополнительные виды, сохраняя при этом то положение предмета, которое он имеет на главном изображении. В этом случае к надписи добавляют слово «повернуто» (рис. 215, *д* и 216, *б*).

Местным видом называется изображение отдельной, ограниченной части поверхности предмета. Местные виды позволяют выявить форму и размеры определенного, сравнительно небольшого элемента предмета, например форму отверстия, фланца, прилива и т. д. Местные виды образуются проецированием этого элемента на одну из основных плоскостей проекций (рис. 216, *в*, *г*). Располагают местные виды обычно произвольно на поле чертежа, без сохранения проекционной связи с основным изображением. Рекомендуется вычерчивать эти виды по возможности ближе к изображаемому элементу и в соответствии с его положением на основном изображении. Местные виды ограничивают линией обрыва — сплошной волнистой линией (рис. 216, *в*) — либо не ограничивают совсем (рис. 216, *г*). Обозначают местные виды подобно дополнительным видам.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные плоскости проекций.
2. Какой способ проецирования используют в черчении?
3. Что называется видом и как классифицируют виды?
4. Назовите основные виды. Как располагают их на комплексном чертеже?
5. В каких случаях и как надписывают основные виды?

6. Какие виды называются дополнительными? Как их располагают на чертеже и как надписывают?
7. Какие виды называются местными? Как их располагают на чертеже и как надписывают?

18.3. Разрезы

Чертеж детали должен давать представление о внешней форме ее и внутреннем строении. Известно, что внутреннюю форму предмета можно показать на виде штриховыми линиями (рис. 213). Однако при сложном внутреннем строении детали число штриховых линий велико, они перекрывают друг друга, затемняют чертеж и затрудняют чтение его. Чтобы изобразить внутреннее строение предмета, в черчении пользуются способом разрезов. Сущность этого способа заключается в том, что изображаемый предмет мысленно рассекают одной или несколькими плоскостями; часть предмета, ближайшую к наблюдателю, условно отбрасывают, а оставшуюся часть проецируют на соответствующую плоскость проекций. На рис. 217 деталь рассечена фронтальной плоскостью σ, передняя ее часть *Б* условно удалена, а оставшаяся часть *А* спроецирована на фронтальную плоскость проекций. Этот разрез позволяет выявить цилиндрические отверстия, пазы и другие элементы.

Таким образом, *разрезом называют изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями.*

На разрезе изображают то, что находится в секущей плоскости и за ней. Внутренние очертания предмета на разрезе изображают сплошными основными линиями, как и видимый контур предмета. То, что попадает в секущую плоскость, называется *сечением* и выделяется на чертеже штриховкой. Не заштриховывают только те места, где секущая плоскость проходит через пустоты.

Необходимо четко представлять разницу между разрезом и сечением. *Сечение — это плоская фигура, изображающая только то, что находится в самой секущей плоскости.* Сечение входит как составная часть в каждый разрез, но может существовать и как самостоятельное изображение. Разница между разрезом и сечением хорошо видна на рис. 218, *а*.

Следовательно, чтобы произвести разрез предмета, нужно:

а) в определенном месте его мысленно провести секущую плоскость;

б) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбросить;

в) оставшуюся часть спроецировать на соответствующую плоскость проекций и изобразить либо на месте одного из основных видов, либо на свободном месте поля чертежа;

г) в случае необходимости оформить разрез соответствующей надписью.

Следует помнить, что разрез — изображение условное, так как при его исполнении секущую плоскость проводят условно, мысленно отбрасывая часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью. Мысленное рассечение касается только данного изображаемого разреза и никак не влияет на все остальные изображе-

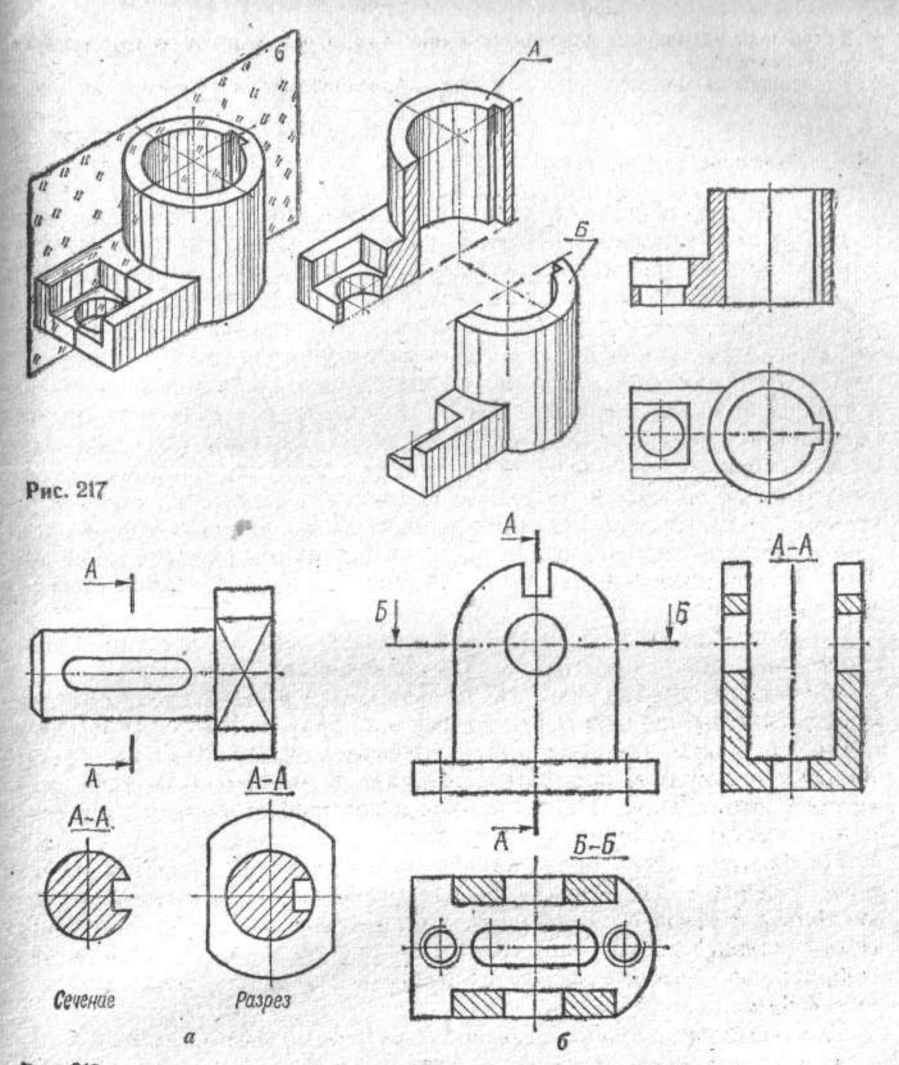


Рис. 218

ния предмета. Например, разрез, выполненный на фронтальной плоскости (рис. 217), не изменяет вида предмета сверху.

На рис. 218, *б* разрезы выполнены на месте видов сверху и слева. Каждый из них образован своей секущей плоскостью, параллельной плоскости проекций, причем эти плоскости между собой не связаны и один разрез от другого не зависит.

Классификация разрезов. Разрезы классифицируют по нескольким признакам:

1. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делят на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

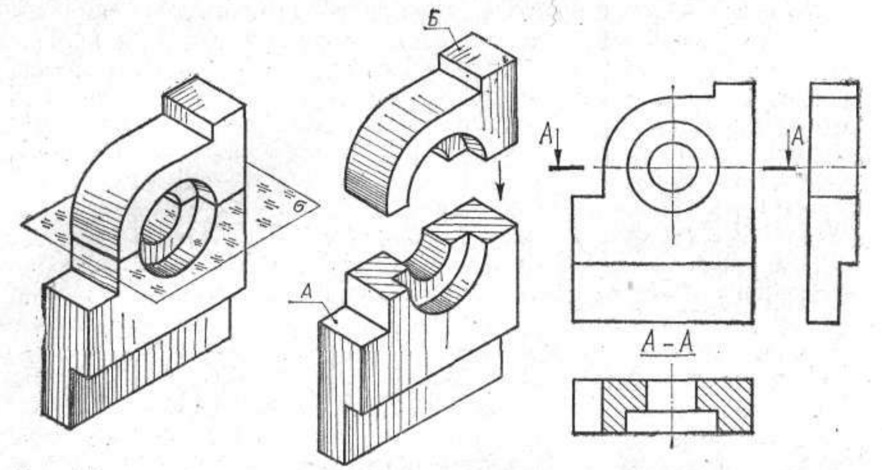


Рис. 219

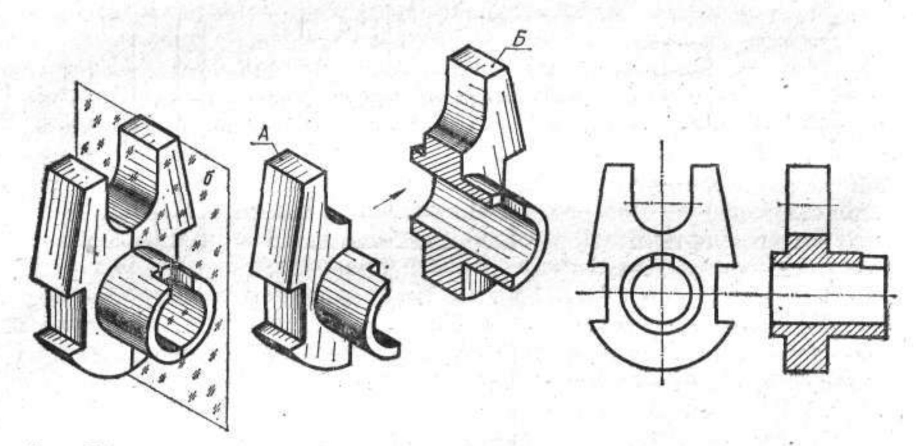


Рис. 220

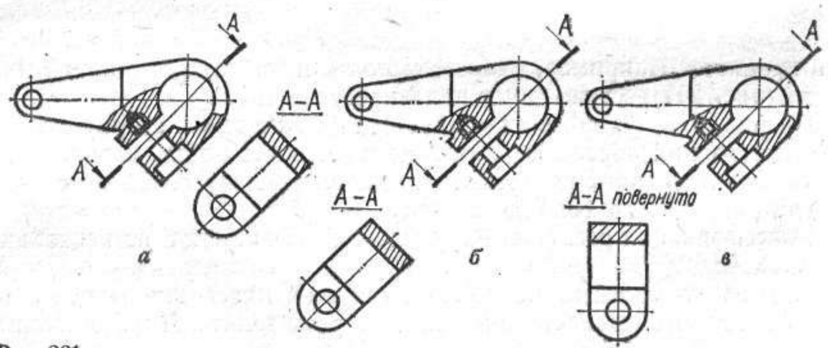


Рис. 221

Горизонтальным называется разрез, образованный плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Чаще всего его располагают на месте видов сверху или снизу. На рис. 219 деталь рассечена плоскостью σ, параллельной горизонтальной плоскости проекций. Верхняя часть *Б* детали мысленно отброшена, а оставшаяся часть *А* спроецирована в направлении стрелки на горизонтальную плоскость проекций.

Вертикальным называется разрез, образованный секущей плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций. Если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости, то вертикальный разрез называют фронтальным; если секущая плоскость параллельна профильной плоскости, то полученный разрез называют профильным. Как правило, эти разрезы помещают на месте основных видов: фронтальный — на месте вида спереди (рис. 217), профильный — на месте видов слева (рис. 218, *б*; 220) или справа.

Для получения профильного разреза (рис. 220) деталь мысленно рассекают плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций. Левую часть *А* детали отбрасывают, а оставшуюся правую часть *Б* проецируют на профильную плоскость проекций. Разрез помещают на месте вида слева.

Наклонным называют разрез плоскостью, которая составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 221). Эти разрезы применяют в тех случаях, когда предмет имеет наклонно расположенные элементы. На рис. 221 рычаг рассечен наклонной плоскостью по линии *А — А*. Наклонный разрез проецируют на дополнительную плоскость, параллельную секущей, совмещая ее с плоскостью чертежа. Наклонные разрезы располагают на чертеже в направлении проецирования, т. е. в направлении, указанном стрелками, например разрез *А — А* на рис. 221, *а*, *б*. Допускается повертывать наклонные разрезы в положение, удобное для чтения чертежа, добавляя в этом случае к надписи слово «повернуто» (рис. 221, *в*). Предпочтительное расположение наклонного разреза показано на рис. 221, *а*.

2. В зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений предмета разрезы разделяют на продольные и поперечные. *Разрез называется продольным, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета* (рис. 217), *и поперечным, если секущая плоскость направлена перпендикулярно к длине или высоте предмета* (рис. 218, *а*; 219). Применяют также названия «вертикально-продольный» и «вертикально-поперечный» разрезы.

3. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на простые и сложные. *Простым называют разрез, образованный одной секущей плоскостью.* Все выше рассмотренные разрезы являются простыми. *Сложным называют разрез, образованный двумя и бóльшим числом секущих плоскостей.* Эти разрезы разделяют на ступенчатые и ломаные.

Ступенчатым называют сложный разрез, образованный параллельными секущими плоскостями. На рис. 222 разрез выполнен тремя параллельными фронтальными секущими плоскостями. Передняя

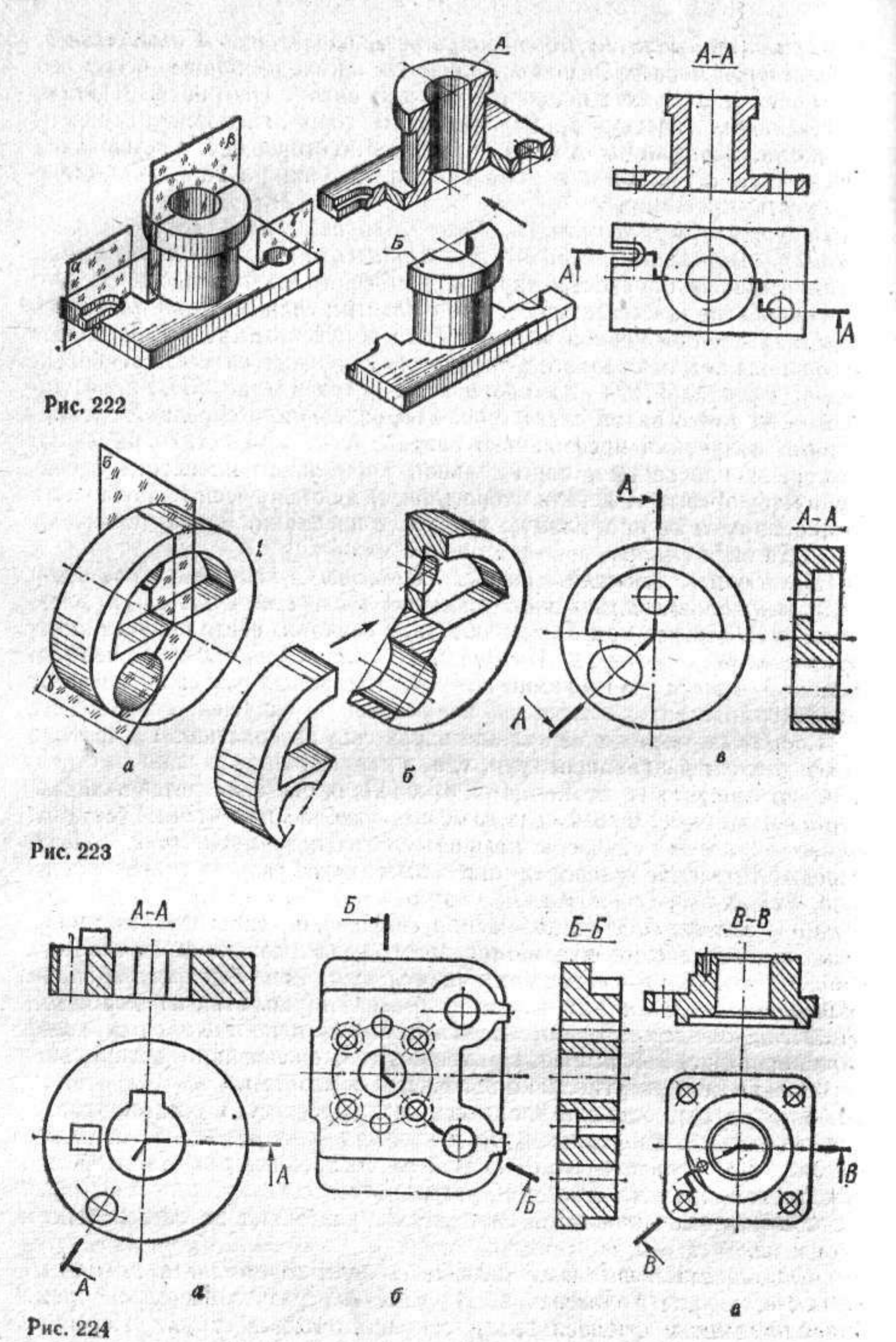


Рис. 222

Рис. 223

Рис. 224

часть *Б* детали мысленно отброшена, а оставшаяся часть *А* изображена на месте вида спереди. Разрез выполнен так, будто изображения, полученные во всех трех параллельных плоскостях, совмещены в одну плоскость (без указания границ каждой из этих плоскостей).

Ломаным называют сложный разрез, образованный непараллельными секущими плоскостями, причем одна из них или несколько наклонены к основным плоскостям проекций. На рис. 223 разрез выполнен двумя плоскостями — профильной и наклонной. Изображая на чертеже ломаный разрез, наклонную плоскость мысленно поворачивают в вертикальное или горизонтальное положение до совмещения с направлением основной секущей плоскости. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, ломаный разрез рекомендуется поместить на месте соответствующего вида. На рис. 223; 224, *б* наклонная плоскость повернута в профильное положение, а на рис. 224, *а* — во фронтальное. В первом случае ломаный разрез помещен на месте вида слева, во втором — на месте вида спереди. Стрелка на линии сечения указывает направление проецирования предмета, а не направление поворота секущей плоскости. Направление поворота может совпасть (рис. 224, *а*) или не совпасть (рис. 224, *б*) с направлением проецирования.

При повороте секущей плоскости элементы, распложенные за ней, не должны перемещаться на угол поворота. Иначе говоря, эти элементы проецирует, как и при обычных простых вертикальных или горизонтальных разрезах. На рис. 224, *а* шпоночный паз и прямоугольный выступ спроецированы как и при обычном фронтальном разрезе.

В ломаных разрезах переход от одной секущей плоскости к другой может быть и радиальным (рис. 224, *в*).

4. В зависимости от полноты исполнения разрезы разделяют на полные и местные. *Полным разрезом называется изображение, раскрывающее внутреннее строение предмета по всему сечению, т. е. когда секущая плоскость полностью пересекает предмет.*

Местным разрезом называется изображение, выявляющее внутреннее строение детали лишь в отдельном, ограниченном месте. Местные разрезы отделяют от нерассеченной части детали сплошной волнистой линией. Эта линия не должна сливаться с контурной, осевой либо иной линией изображения. На рис. 225 местные разрезы, выполненные фронтальными плоскостями, позволяют выявить строение верхней цилиндрической части предмета и отверстия в основании детали.

Обозначение разрезов. На чертежах простые фронтальные и профильные разрезы чаще всего помещают на местах основных видов. Так, на рис. 217 фронтальный разрез размещен на месте вида спереди, на рис. 218, *б* профильный — на месте вида слева, на рис. 218, *б*; 219 горизонтальный — на месте вида сверху.

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом и соответствующие разрезы размещены на одном листе в проекционной связи и не разделены какими-либо иными изображениями, то для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не указывают и сам разрез не

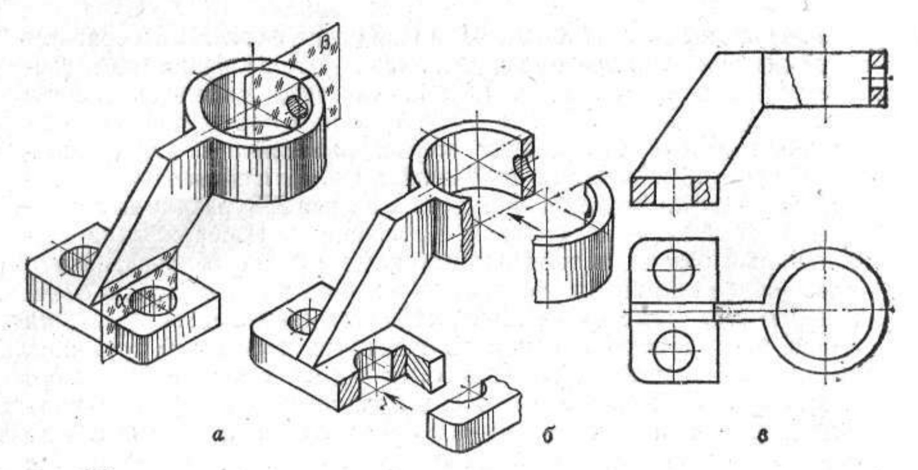


Рис. 225

Рис. 226

надписывают (рис. 217, 220). Если же секущая плоскость с плоскостью симметрии предмета не совпадает, то положение секущей указывают линией сечения, т. е. следом этой плоскости на плоскости чертежа.

Линия сечения — это разомкнутая линия с начальными и конечными штрихами, на которых нанесены стрелки, указывающие направление проецирования. Толщина штрихов разомкнутой линии берется от s до $1{,}5s$, где s — толщина линии видимого контура. Начальные и конечные штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. В начале и в конце линии сечения ставят одинаковые большие буквы русского алфавита. Размер букв должен быть примерно на 1—2 номера бóльшим по сравнению с высотой размерных чисел на том же чертеже. Буквы берут в алфавитном порядке, причем на одном и том же чертеже они не должны повторяться. Наносят буквы возле стрелок с внешней стороны угла. Около разреза выполняют надпись из тех же букв, через тире с тонкой чертой снизу (рис. 218, 219).

Простые наклонные разрезы обозначают всегда. Для наклонных разрезов надпись «А — А» пишут горизонтально, а буквы возле стрелок не наклоняют (рис. 221).

Сложные разрезы также обозначают во всех случаях. Кроме начального и конечного штрихов в местах перехода от одной секущей плоскости к другой выполняют уголки без букв (рис. 222, 223). Буквы ставят только у концевых штрихов, где нанесены стрелки. Когда же на одном изображении указаны линии сечения для нескольких сложных разрезов и существует опасность ошибиться в чтении чертежа, буквами обозначают и переходы секущих плоскостей (рис. 226, *а*). Местные разрезы, как правило, не обозначают и не надписывают (рис. 225). При выполнении разрезов, образованных одной секущей плоскостью, но имеющих противоположные направления проецирования, разрешается проводить лишь одну линию сечения (рис. 226, *б*). Если на одном изображении нужно показать два или больше одинаковых разрезов, обозначают их так, как показано на рис. 226, *в*.

Соединение части вида с частью разреза. Для уменьшения объема графической работы и экономии площади чертежа в черчении принята такая условность: если предмет проецируется в форме симметричной фигуры, допускается в одном изображении соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. Разделяющей линией служит ось симметрии фигуры, т. е. тонкая штрих-пунктирная линия. На рис. 227 дан пример соединения половины вида спереди с половиной фронтального разреза. Чертеж поэтапно демонстрирует принцип образования подобного сложного изображения. В этих случаях невидимый контур предмета принято не показывать (штриховыми линиями).

На рис. 228, *а* выполнены четыре изображения детали, причем на каждом из них дано сочетание вида с разрезом. На главном виде и виде слева разрез, как правило, помещают справа от вертикальной оси симметрии, а на видах сверху и снизу — справа от вертикальной или снизу от горизонтальной оси.

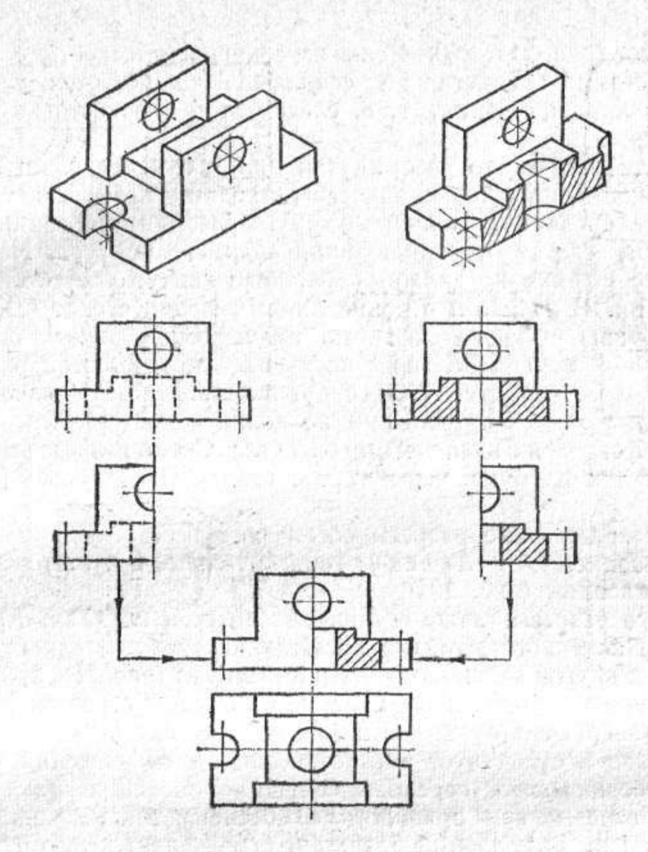


Рис. 227

Если контурная линия предмета совпадает с осью симметрии, что может привести к неясностям и ошибкам при чтении чертежа, границу между видом и разрезом указывают волнистой линией обрыва. На рис. 228, *б—г* показано, как проводить волнистую линию при наличии на детали внешнего ребра (рис. 228, *б*), внутреннего ребра (рис. 228, *в*) или того и другого (рис. 228, *г*). Для несимметричных деталей часть вида от части разреза во всех случаях отделяется волнистой линией, проводимой в необходимом месте чертежа.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Для чего на чертежах выполняют разрезы? Что называется разрезом?
2. В чем разница между разрезом и сечением?
3. В какой последовательности выполняют разрезы?
4. Почему разрез является условным изображением?
5. Как разделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций?
6. Как разделяют разрезы в зависимости от положения секущей плоскости относительно основных измерений предмета?
7. Как различают разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей?
8. Как разделяют разрезы в зависимости от полноты исполнения?
9. Как выполняют ступенчатые разрезы? ломаные разрезы?

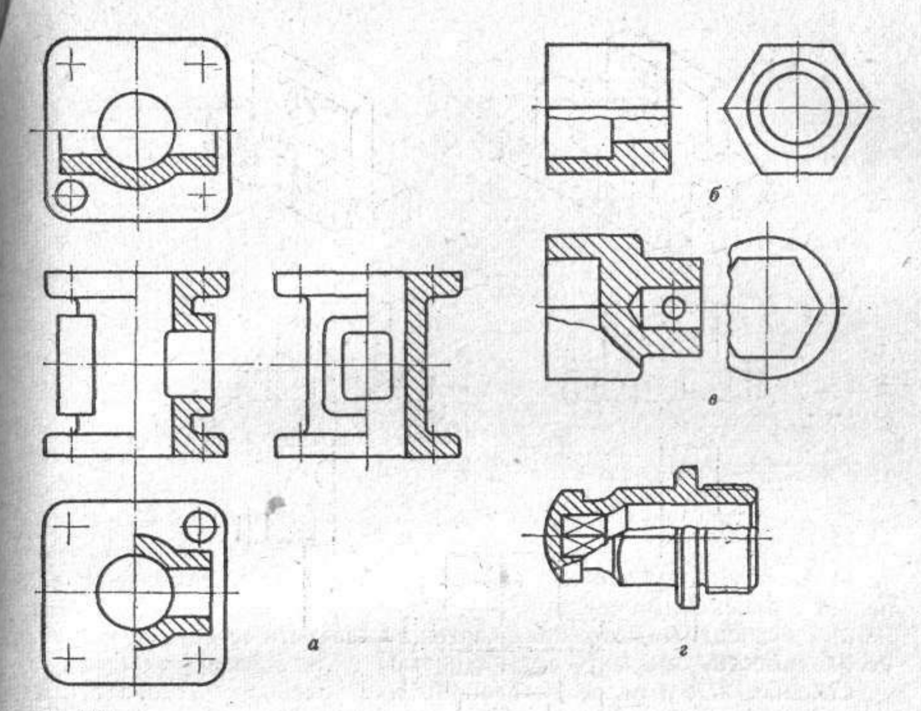


Рис. 228

10. Как выполняют местные разрезы?
11. В каких случаях необходимо обозначать простые разрезы?
12. Что такое линия сечения и как ее указывают на чертеже?
13. Как обозначают сложные ступенчатые и ломаные разрезы?
14. В каких случаях соединяют на чертеже часть вида с частью разреза? Как оформляют подобное комбинированное изображение?
15. Как выполняют разрез, если ребро предмета совпадает с осевой линией?

18.4. Сечения

Кроме видов и разрезов, на рабочих чертежах часто применяют сечения. С их помощью выявляют поперечную форму детали в том или другом месте. На рис. 229 наглядно представлена сущность способа сечений. Для выяснения поперечной формы и глубины шпоночной канавки валик условно рассекают плоскостью, перпендикулярной к его оси. Эту плоскость с полученным на ней изображением фигуры сечения отделяют от предмета, поворачивают в положение, параллельное плоскости проекций, и изображают на свободном месте поля чертежа.

Сечением называют изображение, полученное при мысленном пересечении предмета одной или несколькими плоскостями.

В сечении показывают лишь то, что получается в секущей плоскости. Часть предмета, находящуюся за этой плоскостью, в сечении не изображают. Следовательно, для получения сечения нужно:

а) в определенном месте детали провести секущую плоскость;

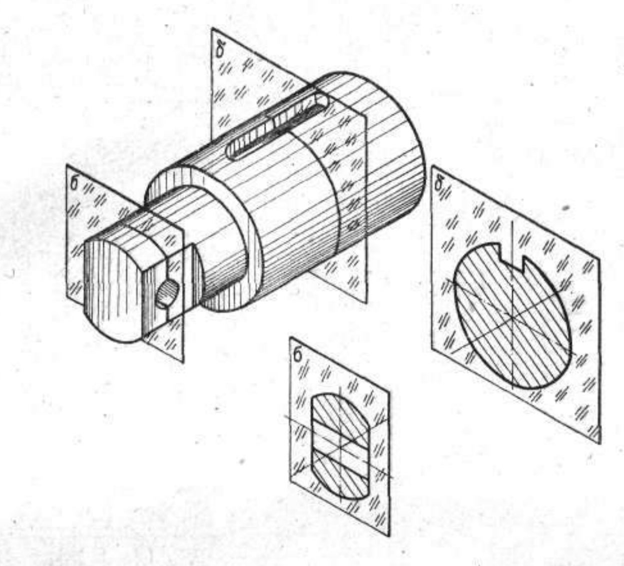


Рис. 229

б) фигуру, полученную в сечении, повернуть в положение, параллельное плоскости проекций;

в) на свободном месте поля чертежа вычертить сечение и, в случае необходимости, оформить его надписью.

Сечение, как и разрез,— изображение условное. Условность заключается, во-первых, в том, что секущую плоскость проводят мысленно, а во-вторых,— в том, что фигура, образованная в сечении, отдельно от предмета не существует: ее мысленно отрывают и изображают на свободном месте поля чертежа.

Сечения разделяют на входящие в состав разреза и существующие как самостоятельные изображения. Последние, в свою очередь, разделяются на вынесенные и наложенные. *Сечение называют вынесенным, если оно выполнено отдельно от основного изображения.* Вынесенные сечения обводят сплошной основной линией и заштриховывают под углом 45° к основной надписи чертежа.

Правила выполнения и обозначения линии сечения, т. е. следа секущей плоскости, те же, что и для разрезов (см. с. 215).

Рассмотрим некоторые случаи выполнения вынесенных сечений:

1. Сечение представляет собой симметричную фигуру, размещенную на продолжении следа секущей плоскости. В этом случае линию сечения, совпадающую с осью симметрии самого сечения, изображают тонкой штрих-пунктирной линией без обозначения буквами и стрелками (рис. 230, *а*, *б*). Так же выполняют симметричные сечения, располагаемые в разрыве между частями самого изображения (рис. 230, *г*).

2. Сечение представляет симметричную фигуру, размещенную на свободном месте поля чертежа. В этом случае линию сечения обозначают и само сечение надписывают (рис. 230, *б*).

3. Сечение представляет собой несимметричную фигуру. В этом случае линию сечения обозначают и сечение надписывают (рис. 230, *а*).

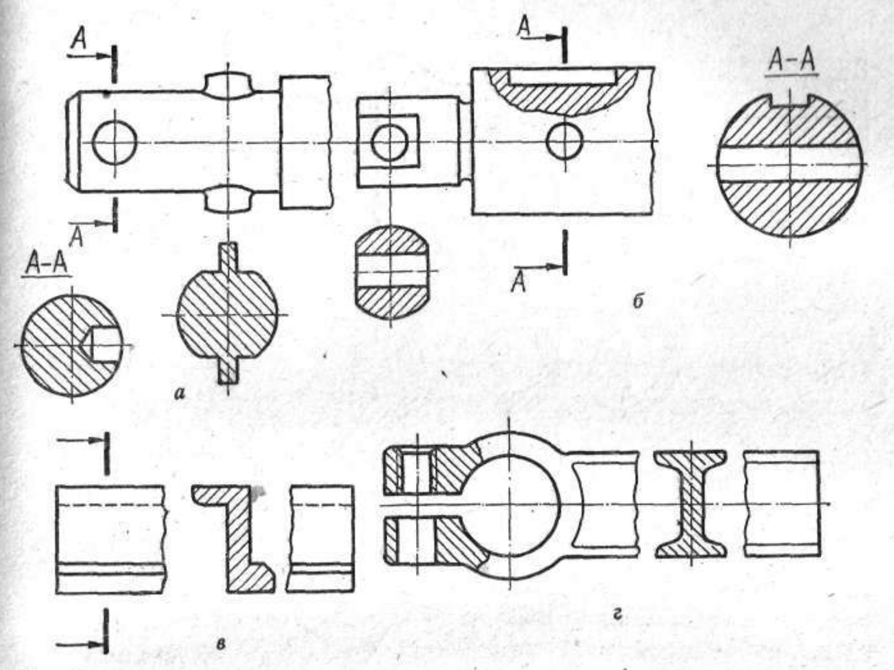


Рис. 230

Если же несимметричное сечение располагают в разрыве между частями изображения, то линию сечения со стрелками проводят, но буквами ее не обозначают и сечение не надписывают (рис. 230, *в*).

Сечение называют наложенным, если оно размещено на изображении предмета. Наложенные сечения обводят тонкой сплошной линией и заштриховывают под углом 45° к основной надписи чертежа. Буквенных обозначений на наложенных сечениях не пишут, а линию сечения со стрелками указывают лишь тогда, когда форма этих сечений несимметрична (рис. 231, *а*, *б*).

Вынесенные сечения по своему построению и расположению должны отвечать направлению, указанному стрелками (рис. 230, *а*, *б*). Разрешается располагать сечения на любом месте чертежа с поворотом изображения. В этих случаях к надписи добавляют слово «повернуто» (рис. 231, *г*).

Для нескольких одинаковых сечений, принадлежащих одному предмету, линии сечения обозначают одной буквой и вычерчивают лишь одно сечение (рис. 231, *в*—*д*). Если при этом секущие плоскости направлены под разными углами, то надпись «повернуто» не пишут (рис. 231, *д*). Если расположение одинаковых сечений определено изображением и размерами предмета, разрешается проводить лишь одну линию сечения, а в надписи указывать количество одинаковых сечений, например: «*А* — *А* два сечения».

Направление секущей плоскости должно быть таким, чтобы получались только нормальные поперечные сечения. На рис. 231, *е*

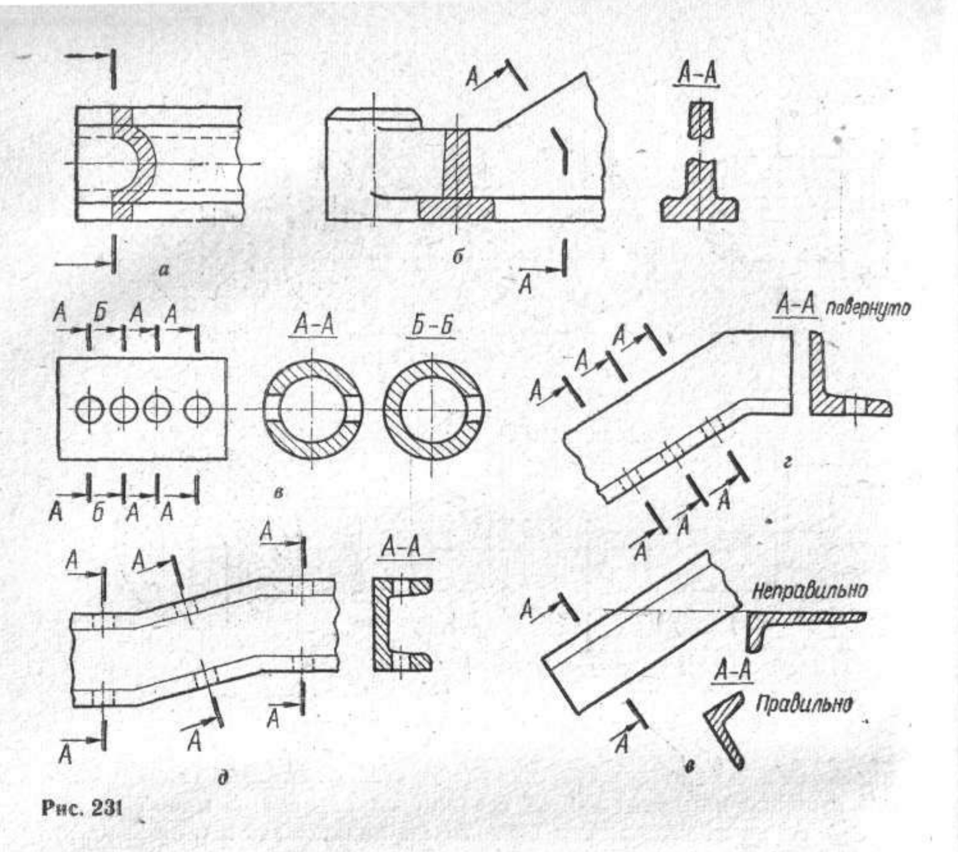


Рис. 231

изображены случаи правильного и неправильного исполнения сечений; на рис. 231, *б* сечение *А — А* выполнено двумя секущими плоскостями. В этом случае рекомендуется выполнять его не сплошным, а состоящим из отдельных частей.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей круглые отверстия и углубления (цилиндрические, конические, сферические), то контур такого углубления или отверстия указывают полностью, т. е. сечение выполняют по принципу разреза (рис. 231, *в*; 232, *а*). Если секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных, не связанных между собой частей, рекомендуется выполнять не сечение, а разрез.

На рис. 232, *б* показано выполнение нескольких сечений для ступенчатого валика.

18.5. Выносные элементы

Выносным элементом называется дополнительное изображение части предмета, выполненное в большем по сравнению с основным изображением масштабе.

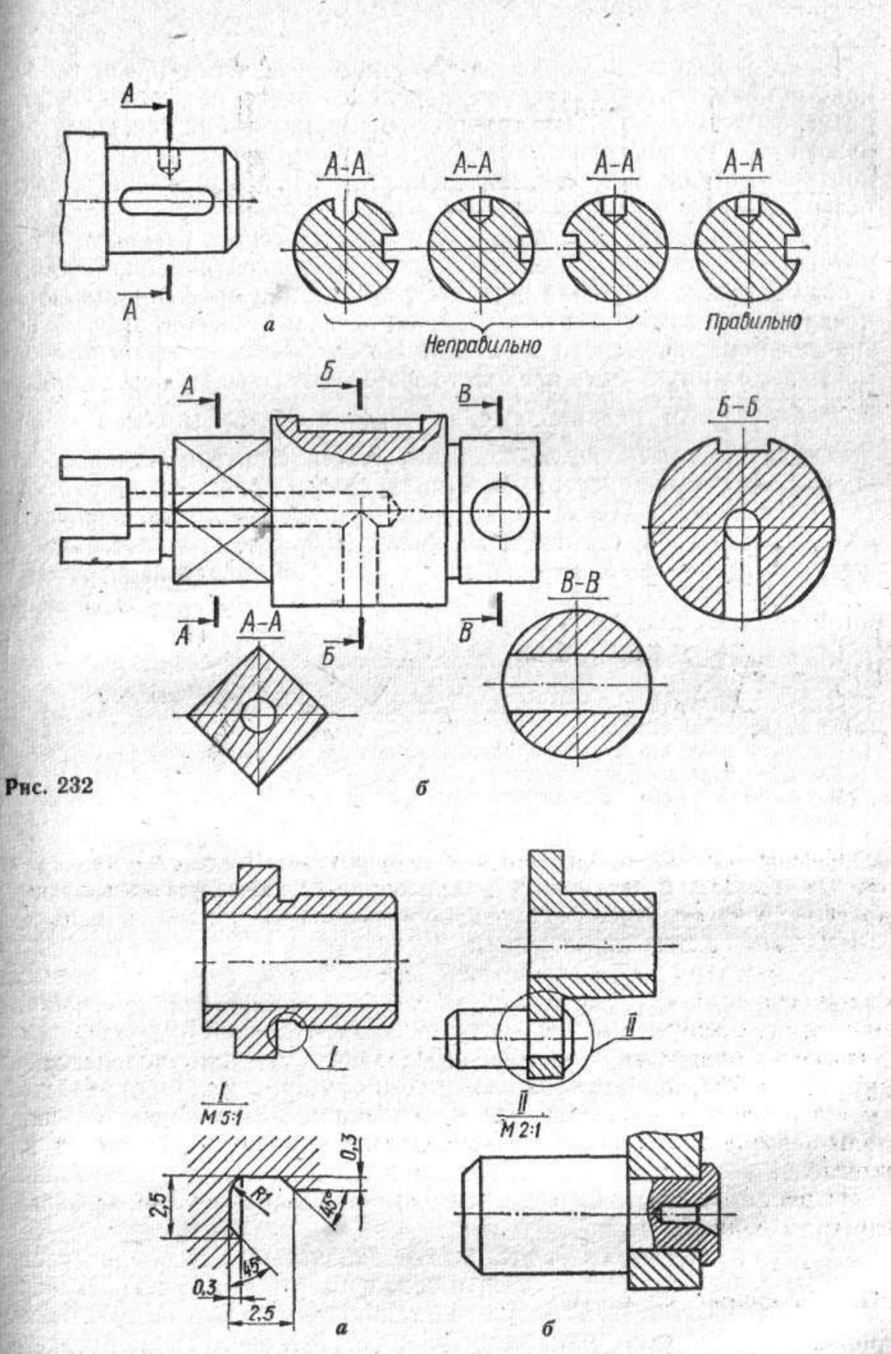


Рис. 232

Рис. 233

В виде выносных элементов показывают те части предмета или конструкции, которые требуют дополнительного пояснения формы, размеров и других данных, трудно воспринимаемых на основном изображении. Рекомендуется выполнять выносные элементы сложных контуров детали, проточек, галтелей, расточек, профилей специальных резьб, сварных и паяных элементов и т. п.

Часть предмета, изображаемую в виде выносного элемента, на основном изображении выделяют замкнутой тонкой сплошной линией в виде окружности, овала и т. п. От этой линии проводят линию-выноску, оканчивающуюся полочкой, на которой римской цифрой обозначают номер выносного элемента. На изображении выносного элемента выделенную часть предмета изображают со всеми необходимыми подробностями и надписывают по типу $\frac{I}{M\,2:1}$. Выносной элемент рекомендуется располагать по возможности ближе к изображаемой части предмета. Примеры выносных элементов приведены на рис. 233.

Обратите внимание на то, что выносной элемент может отличаться от основного изображения. Например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом (рис. 233, *б*) или наоборот.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется сечением? В какой последовательности выполняют сечение предмета?
2. Почему сечение является условным изображением?
3. Назовите виды сечений.
4. Как выполняют вынесенное сечение, если оно представляет собой симметричную фигуру? несимметричную фигуру?
5. Как выполняют сечения, располагаемые в разрыве между частями изображаемого предмета?
6. Как выполняют наложенные сечения?
7. Как выполняют несколько одинаковых сечений, принадлежащих одному изделию?
8. Как выполняют сечение, если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения?
9. Что называется выносным элементом? Как выполняют и обозначают выносные элементы?

18.6. Условности и упрощения

При выполнении чертежей необходимо учитывать условности и упрощения, рекомендуемые ГОСТ 2.305—68:

1. Если вид, разрез или сечение являются симметричными фигурами, разрешается вычерчивать только половину изображения или несколько больше половины. В первом случае границей изображения служит ось симметрии (рис. 234, *а*), во втором — линия обрыва (рис. 234, *д*).

2. Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстий, пазов, зубьев и т. п.), то на изображении показывают лишь один-два таких элемента, а остальные выполняют упрощенно или условно (рис. 234, *б*—*г*, *е*). Допускается вычерчивать лишь часть предмета с соответствующей надписью о количестве одинаковых элементов, их расположении и пр. (рис. 234, *ж*).

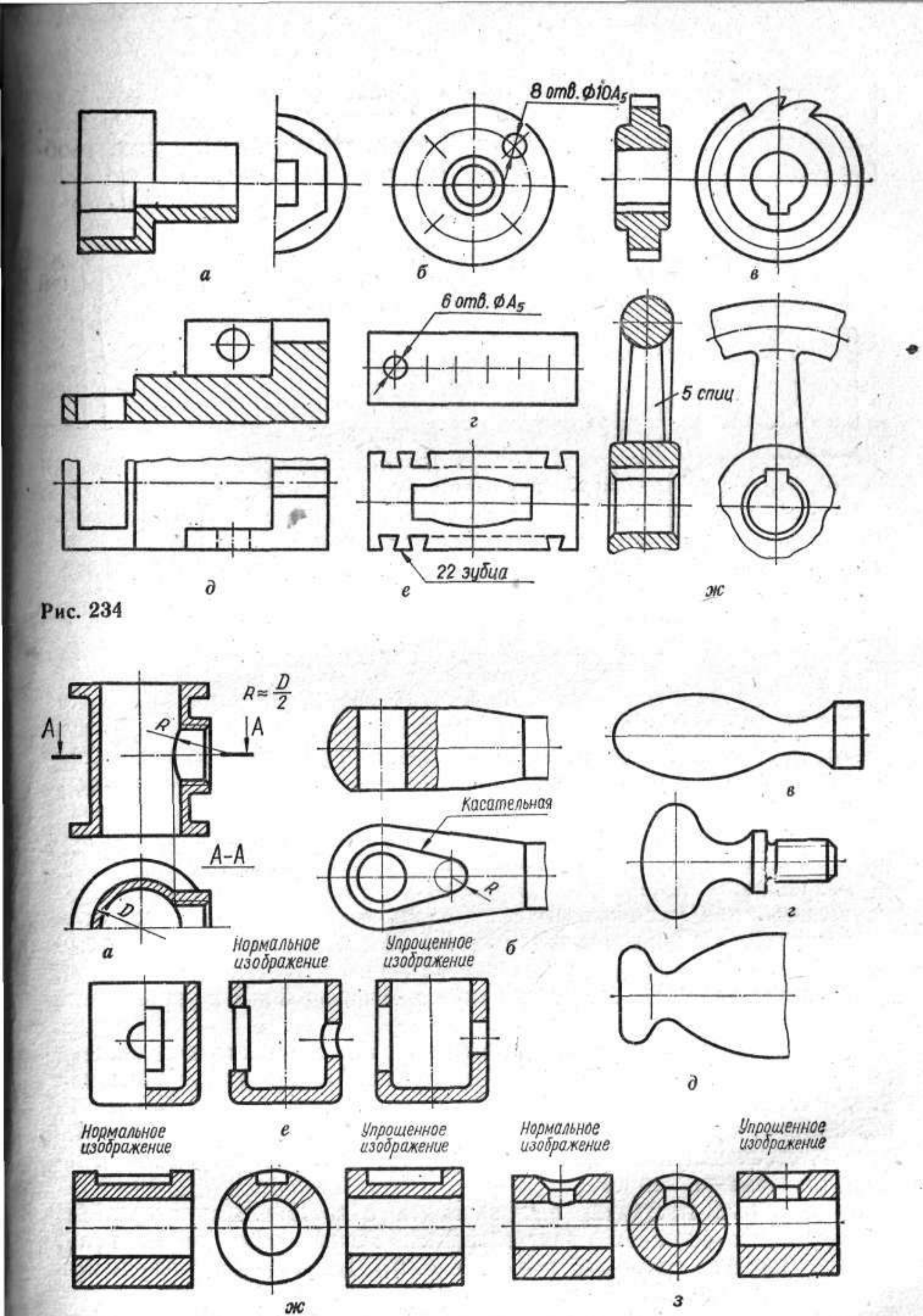


Рис. 234

Рис. 235

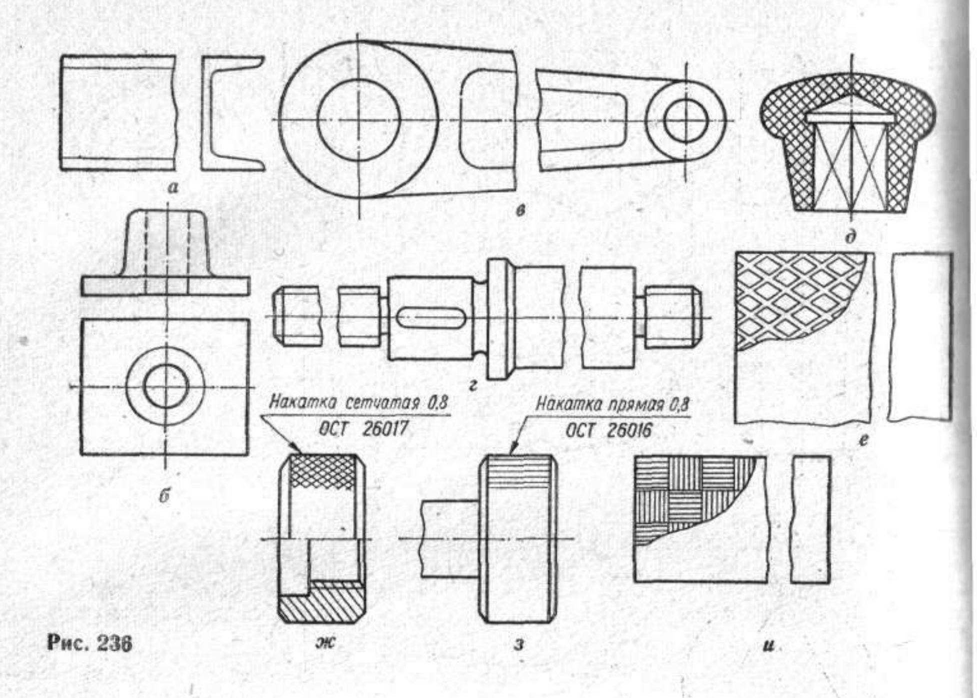


Рис. 236

3. Проекции линии пересечения поверхностей можно изображать упрощенно, если по условию изготовления предмета необходимости в точном ее построении нет. Например, вместо лекальных кривых проводят дуги окружностей или прямые линии (рис. 235, *а*, *б*). Плавный переход от одной поверхности к другой изображают условно (рис. 235, *д*) или совсем не изображают (рис. 235, *в*, *г*).

Разрешается изображать упрощенно пересечение отверстий прямоугольной или иной формы с цилиндрической поверхностью, если размеры отверстий незначительны (рис. 235, *е*, *ж*). Аналогично поступают при пересечении цилиндрических поверхностей (рис. 235, *з*). Для сравнения на рис. 235, *е—з* приведены нормальные и упрощенные изображения.

4. Конусность или уклон незначительной величины допускается изображать с увеличением. На изображениях, где конусность или уклон четко не выявлены, например главный вид на рис. 236, *а* или вид сверху на рис. 236, *б*, рекомендуется проводить лишь одну тонкую линию, отвечающую меньшему размеру елемента с уклоном или меньшему основанию конуса.

5. Длинные предметы или элементы с постоянным поперечным сечением либо сечением, изменяющимся закономерно (валы, цепи, шатуны, прутки, фасонный прокат и т. п.), допускается вычерчивать с разрывами (рис. 236, *в*, *г*).

6. Если на изображении нужно выделить плоскую поверхность предмета, то на ней тонкими линиями проводят диагонали (рис. 236, *д*).

7. *Если на поверхности предмета имеется сплошная* сетка, плетенка, орнамент, накатка, рельеф и т. п., допускается изображать их лишь частично с возможным упрощением (рис. 236, *е—и*). На рис. 236, *ж*, *з* показано, как выполняют на чертеже прямую и сетчатую накатку.

8. Такие детали, как винты, болты, заклепки, шпонки, штифты, шарики, непустотелые валы, шатуны, рукоятки и т. п., в продольном разрезе условно изображают нерассеченными. В поперечном разрезе эти детали показывают рассеченными и заштриховывают по общим правилам.

Спицы зубчатых колес, маховиков, шкивов, тонкие стенки, ребра жесткости и т. п., если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента, изображают рассеченными, но не заштриховывают и отделяют от остальной части предмета сплошной основной линией (рис. 237, *а*, *г*). Если в подобных элементах имеются местные сверления, углубления и т. п., то их выявляют с помощью местных разрезов. Например, на рис. 237, *б* с помощью местного разреза изображена шпоночная канавка на валу, на рис. 237, *а* — отверстие в ребре жесткости, а на рис. 237, *в* —резьбовое отверстие в валу.

9. Для упрощения чертежа и уменьшения количества изображений допускается:

а) часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать на разрезе утолщенной штрих-пунктирной линией («наложенная проекция» — рис. 237, *д*);

б) выполнять сложные разрезы;

в) вместо полного изображения указывать лишь контур паза, отверстия, если нужно показать шпоночный паз на валу, отверстие в ступице колеса и т. п. (рис. 237, *б*, *е*);

г) показывать отверстия в разрезе, если они расположены на круглых фланцах и не попадают в секущую плоскость.

18.7. Штриховка в разрезах и сечениях

Сечения, независимо от того, являются ли они самостоятельным изображением или входят в состав разреза, выделяют на чертеже штриховкой. Детали могут быть изготовлены из разных материалов, штриховка которых производится по ГОСТ 2.306—68. В табл. 6 приведена условная штриховка различных материалов.

Линии штриховки выполняют под углом 45° к рамке чертежа (рис. 238, *а*). Если в этом случае направление штриховки совпадает с направлением линий контура, разрешается выполнять штриховку под углами 30 и 60° (рис. 238, *б*, *в*). Линии штриховки можно наносить с наклоном вправо или влево, но обязательно в одну сторону для всех разрезов и сечений одной и той же детали. Расстояние между линиями штриховки берут в пределах 1—10 *мм* (в зависимости от материала и площади штриховки). Для металла рекомендуется расстояние 2—4 *мм*, для кирпича или бетона — 4—10 *мм*. Длинные и узкие площадки, ширина которых на чертеже составляет 2—4 *мм*, рекомендуется штриховать от руки не полностью, а лишь так, как показано на рис. 238, *г*, *д*. Узкие площадки до 2 *мм* разрешается затушевывать,

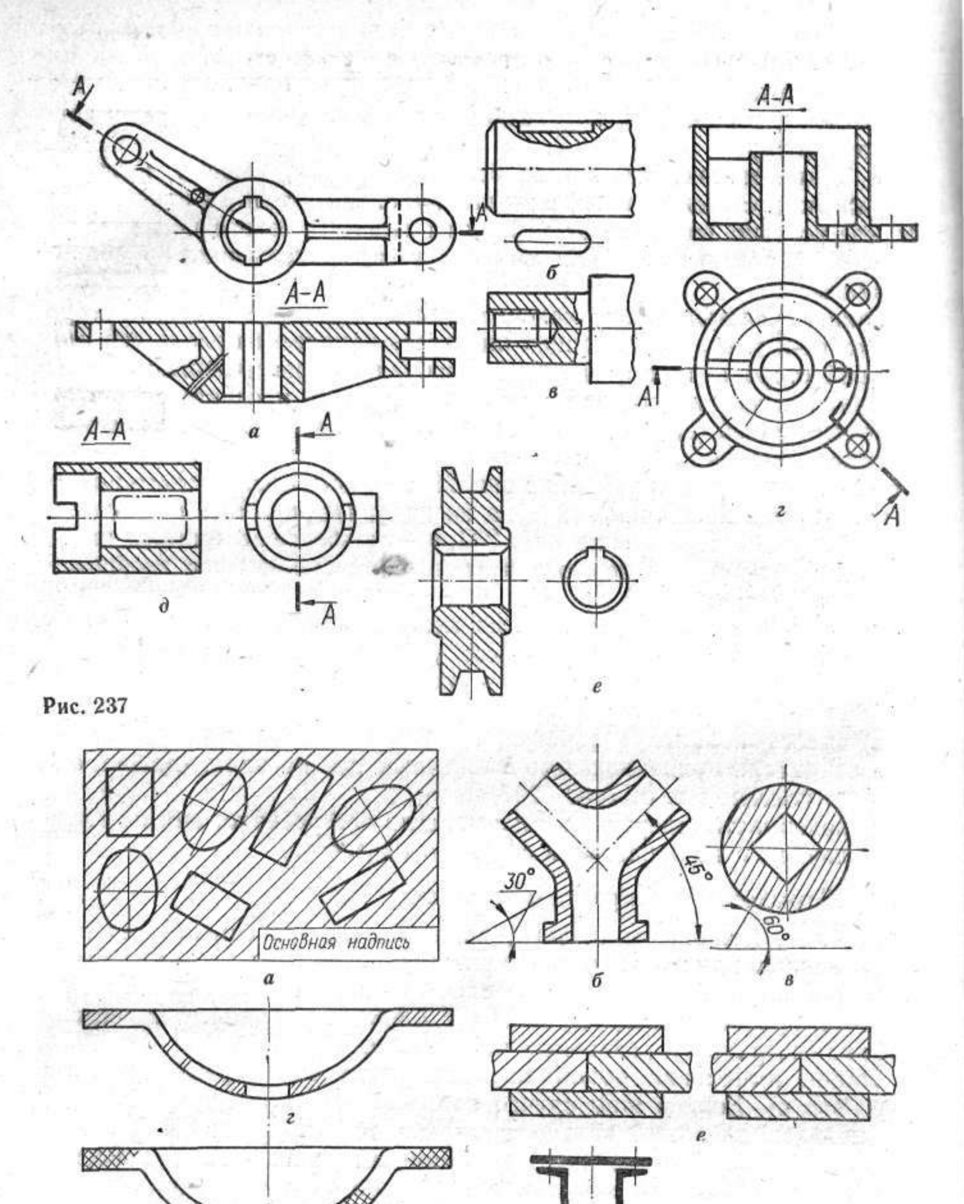


Рис. 237

Рис. 238

Таблица 6

Условная штриховка различных материалов (ГОСТ 2.306—68)



Металлы и твердые сплавы		Бетон армированный	
Неметаллические материалы		Стекло и другие прозрачные материалы	
Древесина поперек волокон		Жидкости	
Древесина вдоль волокон		Грунт	
Фанера		Песок, асбестоцемент, гипсовые изделия, раствор, абразив и т. п.	
Бетон неармированный			

оставляя просвет между соседними деталями (рис. 238, *ж*). На рис. 238, *е* изображена штриховка нескольких смежных деталей из одного материала.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какая условность принята для изображения симметричных фигур?
2. Как изображают предметы, имеющие несколько одинаковых равномерно расположенных элементов?
3. Как изображают предметы, имеющие уклон или конусность незначительной величины?
4. Как изображают в разрезе болты, винты, шатуны, шпильки, валы?
5. Как изображают в разрезе ребра жесткости и тонкие стенки?
6. Что называется наложенной проекцией?
7. Как заштриховывают в разрезе металл? пластмассу? кирпич? стекло? железобетон?

Упражнение 1. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Виды». Ответы составьте самостоятельно (например, на первый вопрос ответ будет — «главный вид»). Правильность ответов проверьте на с. 442.

Карта программированного контроля по теме „Виды“

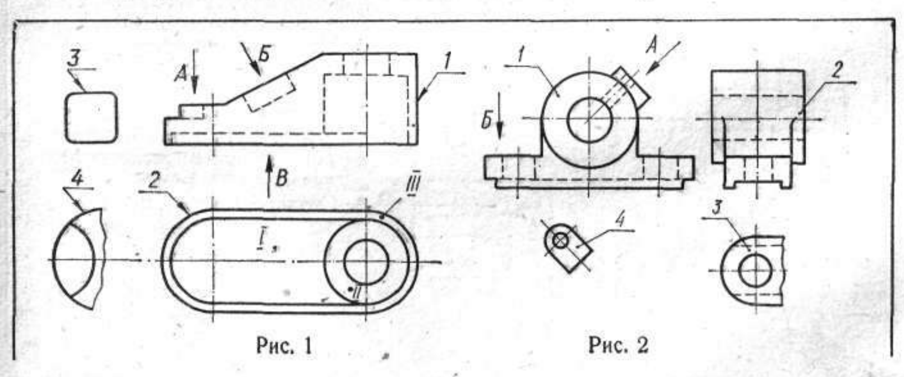


Рис. 1 Рис. 2

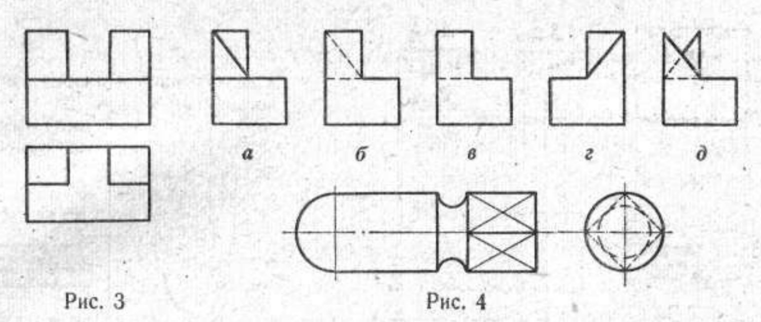


Рис. 3 Рис. 4

1. Как называется изображение *1* (рис. 1)?
2. Как называется изображение *2* (рис. 1)?
3. Как называется изображение *3* (рис. 2)?
4. Сколько всего дополнительных видов изображено на рис. 1 и 2?
5. Сколько местных видов выполнено на рис. 1 и 2?
6. Как следует надписать изображение *3* (рис. 1)?
7. Сколько основных видов вычерчено на рис. 1 и 2?
8. Как следует надписать изображение *4* (рис. 2)?
9. Какие из представленных видов слева (*а—д*) соответствуют фигуре, изображенной на рис. 3?
10. Из каких простейших геометрических тел состоит деталь рис. 4?
11. Какие из точек *I*, *II*, *III*, принадлежащих детали, наиболее удалены от плоскости проекций Π_1 (рис. 1)?

Упражнение 2. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Разрезы». Правильность ответов проверьте на с. 442.

Карта программированного контроля по теме „Разрезы"

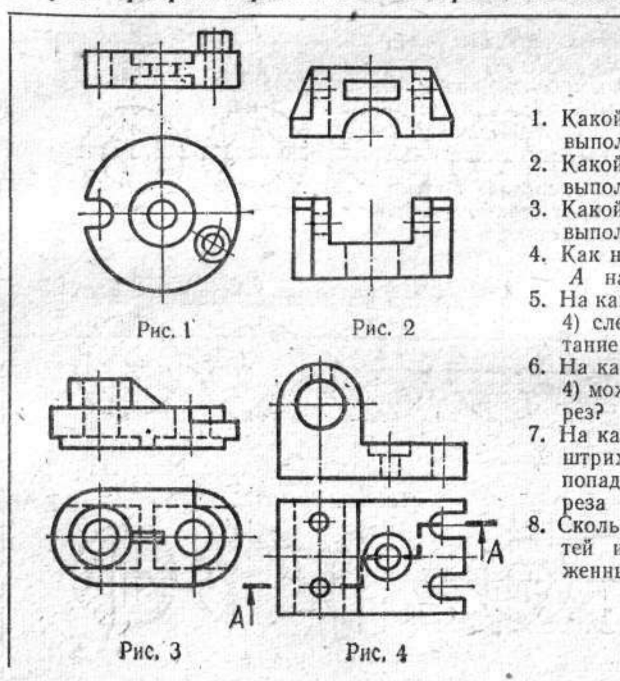
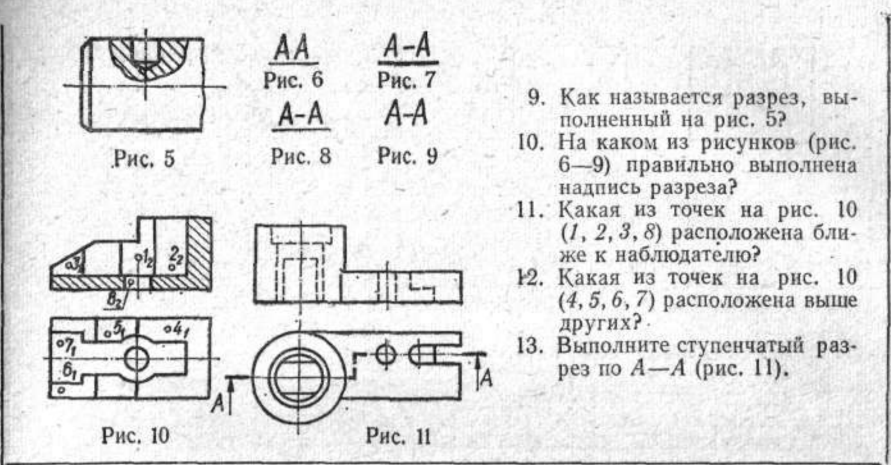


Рис. 1 Рис. 2

Рис. 3 Рис. 4

1. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 1?
2. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 2?
3. Какой разрез целесообразно выполнить на рис. 3?
4. Как называется разрез *А—А* на рис. 4?
5. На каком рисунке (рис. 1—4) следует выполнить сочетание вида с разрезом?
6. На каком рисунке (рис. 1—4) можно не обозначать разрез?
7. На каком рисунке не следует штриховать элемент детали, попадающий в плоскость разреза (рис. 1—4)?
8. Сколько секущих плоскостей имеет разрез, изображенный на рис. 4?

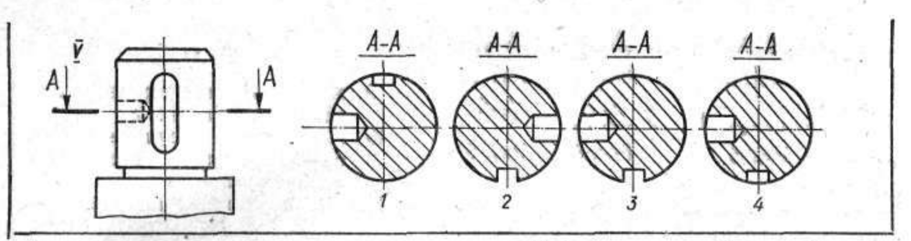


9. Как называется разрез, выполненный на рис. 5?
10. На каком из рисунков (рис. 6—9) правильно выполнена надпись разреза?
11. Какая из точек на рис. 10 (*1*, *2*, *3*, *8*) расположена ближе к наблюдателю?
12. Какая из точек на рис. 10 (*4*, *5*, *6*, *7*) расположена выше других?
13. Выполните ступенчатый разрез по *А—А* (рис. 11).

Упражнение 3. Выполните задания карт программированного контроля по теме «Сечения». Правильность ответов проверьте на с. 442, 443.

Карта программированного контроля № 1 по теме „Сечения"

На каких рисунках правильно изображены сечения деталей?



Карта программированного контроля № 2 по теме „Сечения“

Какие сечения отвечают линиям сечения *А—А*; *Б—Б*; *В—В*;...

§ 19. РЕЗЬБА И РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

19.1. Винтовая линия

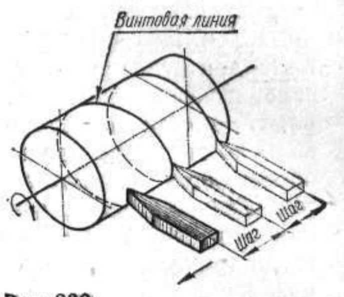
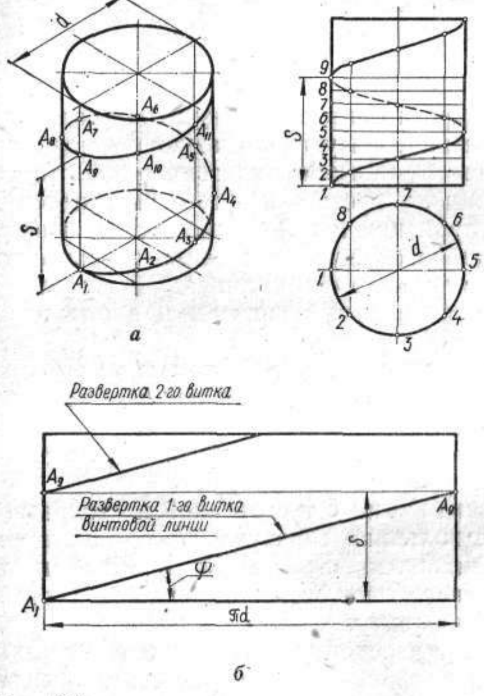


Рис. 239

В технике для соединения деталей машин широко применяется винтовая резьба. В основе образования резьбы лежит принцип получения винтовой линии. Если в патроне токарного станка закрепить цилиндр и подвести к нему резец, то при равномерном вращении цилиндра и равномерно-поступательном движении резца конец его прочертит на поверхности цилиндра винтовую линию (рис. 239).

Следовательно, *цилиндрическая винтовая линия — это пространственная кривая, образованная равномерным движением точки по образующей цилиндра в то время, как эта образующая равномерно вращается вокруг оси цилиндра.*

Участок винтовой линии между точками A_1 и A_9 (рис. 240, *а*), соответствующий одному полному обороту образующей цилиндра, называется *витком*. Первый виток начинается в точке A_1, второй — в точке A_9 и т. д. Расстояние между двумя соседними точками винтовой линии, измеренное вдоль образующей цилиндра, называется *шагом* S.



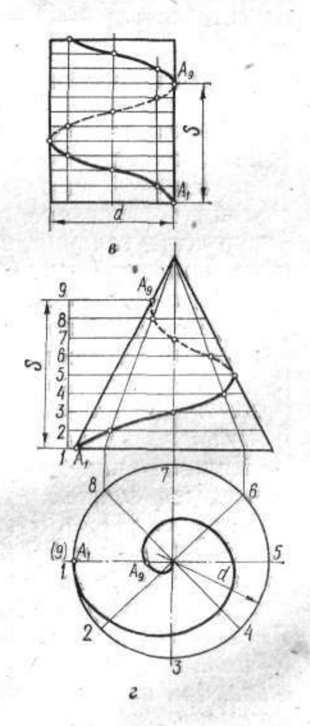


Рис. 240

Для построения на чертеже винтовой линии задают диаметр d цилиндра и величину шага S (рис. 240, *а*). Окружность основания цилиндра делят на некоторое число равных частей, например на восемь, и через точки деления проводят проекции образующих цилиндра. По высоте откладывают величину шага S винтовой линии и делят ее на то же число равных частей. Пересечение фронтальных проекций образующих с соответствующими прямыми, проведенными через точки деления шага, дает точки винтовой линии. Фронтальная проекция винтовой линии представляет собой синусоиду. На развертке цилиндрической поверхности винтовая линия изображается гипотенузой прямоугольного треугольника, один катет которого равен длине окружности основания цилиндра (πd), а второй — величине шага S (рис. 240, *б*). Угол ψ между основанием и гипотенузой называется *углом подъема винтовой линии* $\left(\operatorname{tg}\psi = \frac{S}{\pi d}\right)$. Длина одного витка определяется по формуле

$$l = \sqrt{(\pi d)^2 + S^2}.$$

Винтовые линии бывают правого и левого направления. Если видимая часть винтовой линии имеет подъем вправо, то винтовая линия называется *правой* (рис. 240, *а*, *б*). Левая винтовая линия показана на рис. 240, *в*.

Рис. 240, *г* изображает винтовую линию на конической поверхности. На виде спереди эта линия имеет вид затухающей синусоиды, на виде сверху — спирали Архимеда.

19.2. Винтовая резьба

Если на поверхности цилиндра по винтовой линии прорезать канавку, то режущие кромки резца образуют винтовую поверхность. Характер этой поверхности зависит от формы головки резца. Теоретически образование резьбы можно представить себе так: плоскую фигуру (треугольник, квадрат, трапецию и др.) перемещают по поверхности цилиндра так, чтобы вершины фигуры скользили по винтовым линиям, а ее плоскость проходила через ось цилиндра. В результате образуется винтовой выступ, ограниченный винтовыми и цилиндрическими поверхностями (рис. 241).

Следовательно, *резьба представляет собой поверхность, образованную при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.*

Цилиндр или конус вместе с образованным винтовым выступом называется *винтом*.

На рис. 241, *а, б* изображены винты с треугольной и квадратной резьбой. Стороны BC и BD треугольника образуют винтовые поверхности, называемые косыми геликоидами, стороны BC и ED квадрата образуют поверхности кольцевого винтового коноида, а сторона BE — цилиндрическую винтовую ленту.

Если по поверхности цилиндра перемещать одновременно не один, а два, три или больше плоских профилей, равномерно смещенных по

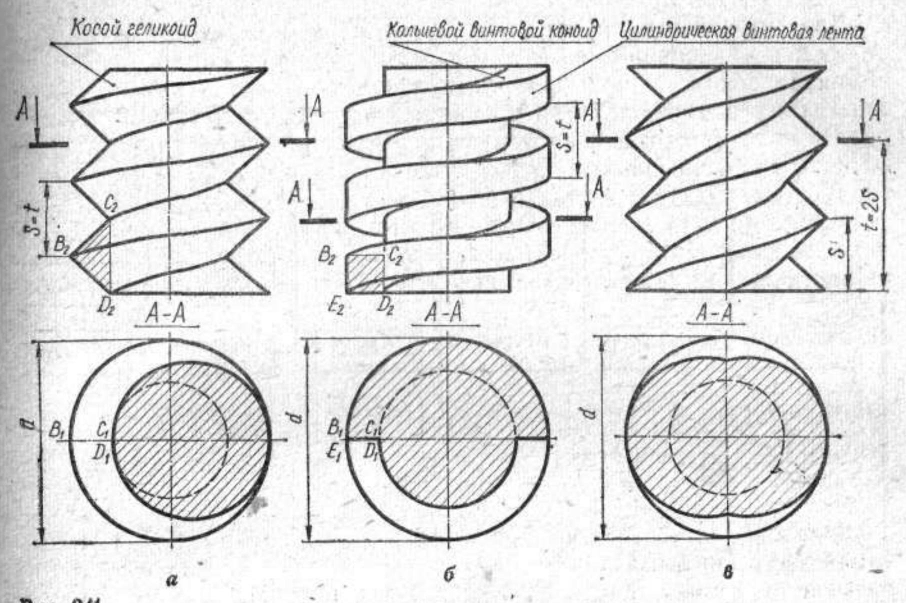


Рис. 241

окружности относительно друг друга, то соответственно образуются одно-, двух-, трех- и более заходные винты. На рис. 241, *в* изображен винт с двухзаходной треугольной резьбой. В этом случае треугольные плоские профили смещены относительно друг друга на 180°. Число заходов винта легко определить по его торцовой поверхности.

19.3. Классификация резьбы

На рис. 242 дана классификация резьбы по различным признакам. Цилиндрической называется резьба, образованная на цилиндрической поверхности, а конической — на конической поверхности. В зависимости от того, является ли поверхность, на которой образована резьба, наружной или внутренней, соответственно различают и резьбу наружную и внутреннюю. По числу заходов резьбы подразделяются на одно- и многозаходные (двух, трехзаходные и т. д.). Правая резьба образуется контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя. Левая резьба образована контуром, вращающимся против часовой стрелки. Характеристика резьбы в зависимости от формы профиля дана несколько ниже.

19.4. Основные параметры резьбы (ГОСТ 11708—66)

На рис. 243, *а* в увеличенном виде изображен профиль треугольной резьбы в продольном сечении, а на рис. 243, *б* — профиль упорной резьбы. *Вершина, впадина и боковые стороны* — элементы,

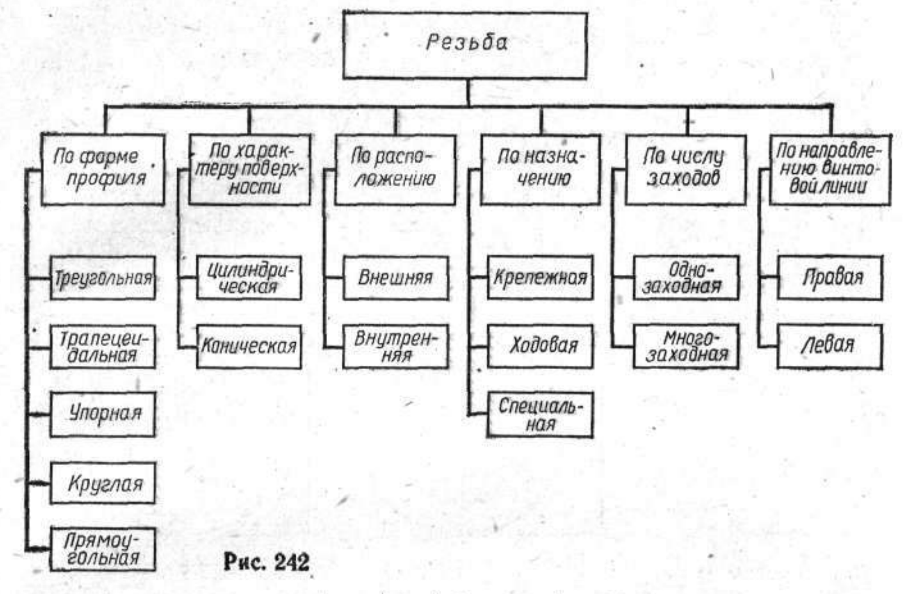


Рис. 242

характеризующие профиль любой резьбы. Рассмотрим параметры профиля резьбы:

1. *Наружный диаметр резьбы* d — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы. Наружный диаметр — это номинальная расчетная величина, обязательно проставляемая на чертежах.

2. *Внутренний диаметр резьбы* d_1.

3. *Средний диаметр резьбы* d_2.

4. *Шаг резьбы* S — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

5. *Ход резьбы* t — расстояние между ближайшими одноименными боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы. Ход резьбы — это величина относительного осевого перемещения винта или гайки за один полный оборот. В однозаходной резьбе ход равен шагу ($t = S$), а в многозаходной — произведению шага на число заходов ($t = Sn$).

6. *Угол профиля* α — угол между боковыми сторонами профиля.

7. *Высота исходного профиля* H — высота остроугольного профиля, полученного продолжением боковых сторон до их пересечения.

8. *Высота профиля* h_1 — расстояние между вершиной и впадиной профиля в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

9. *Рабочая высота профиля* h — высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьб в направлении, перпендикулярном к оси резьбы.

10. *Сбег резьбы* — участок неполного профиля в зоне перехода к гладкой части детали (рис. 243, *в*).

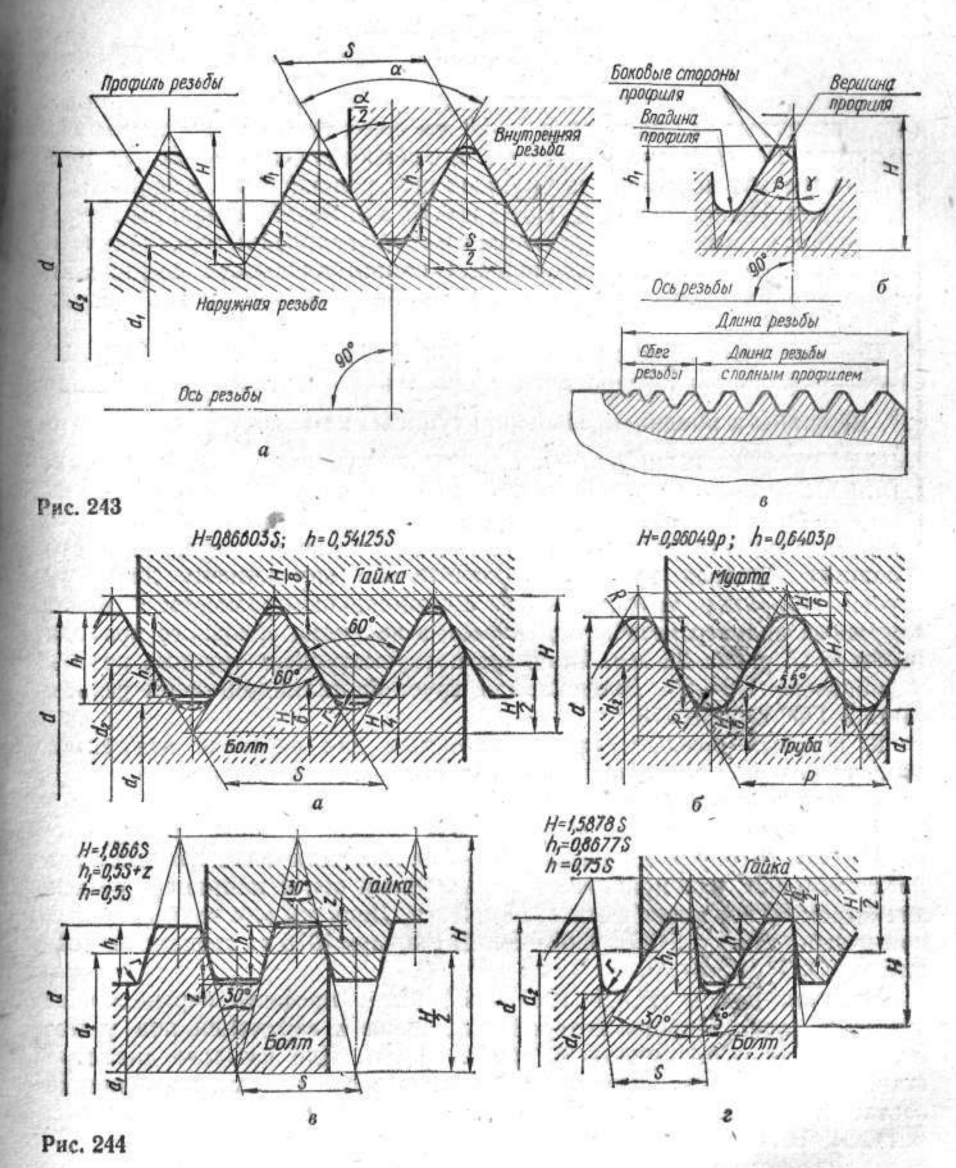


Рис. 243

Рис. 244

19.5. Характеристика стандартных резьб общего назначения

Метрическая резьба (рис. 244, *а*). Профиль и основные размеры резьбы установлены ГОСТ 9150—59, а размеры диаметров и шагов даны в ГОСТ 8724—58. Допуски на метрическую резьбу устанавливает ГОСТ 16093—70.

Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы, принятым в СССР. Ее профиль представляет равносторонний треугольник с углом $\alpha = 60°$. Вершины профиля резьбы срезаны на

величину $\frac{H}{8}$, а впадины притуплены на расстоянии $\frac{H}{6}$ от теоретического профиля треугольника. Метрическую резьбу выполняют с крупным и мелким шагом для диаметров 1—68 *мм* и только с мелким шагом для диаметров 70—600 *мм*. Например, при внешнем диаметре 24 *мм* метрическая резьба может иметь крупный шаг, равный 3 *мм*, и мелкие шаги, соответственно равные 2; 1,5; 1 и 0,75 *мм*. Резьбу с мелким шагом применяют: в тонкостенных деталях; с целью увеличения герметичности резьбовых соединений и увеличения сопротивляемости соединения развинчиванию; для осуществления тонкой регулировки в приборах и аппаратах.

Трубная цилиндрическая резьба (рис. 244, *б*) по ГОСТ 6357—73 имеет профиль равнобедренного треугольника с углом при вершине 55°. Вершины и впадины резьбы притуплены на высоту $\frac{H}{6}$ от теоретического профиля и скруглены. Измеряют трубную резьбу в дюймах. Номинальный размер резьбы в дюймах — величина условная, так как ее значение не отвечает внешнему диаметру резьбы, как это принято для всех остальных резьб, а примерно равно величине так называемого условного прохода трубы (приблизительно внутреннему диаметру трубы). Например, трубная резьба с номинальным размером 1″ имеет наружный диаметр резьбы 33, 249 *мм*, а величина условного прохода трубы в 1″ равна 25 *мм*. Стандарт предусматривает трубные резьбы в диапазоне 1/8—6″. Допуски для трубной цилиндрической резьбы даны в ГОСТ 6357—73.

К ходовым резьбам, предназначенным для передачи движения, относят резьбы трапецеидальную, упорную и прямоугольную.

Трапецеидальная резьба (ГОСТ 9484—60) имеет профиль равнобокой трапеции с углом $\alpha = 30°$ (рис. 244, *в*). Стандарт предусматривает эту резьбу в диапазоне 10—640 *мм*. Для каждого диаметра предусмотрено, как правило, три различных шага; например, резьба диаметром 60 *мм* имеет шаги 12; 8 и 3 *мм*. Допуски для трапецеидальной резьбы даны в ГОСТ 9562—60. С 1 января 1975 г. вводится в действие ГОСТ 9484—73.

Упорная резьба (ГОСТ 10177—62) имеет профиль неравнобокой трапеции, одна сторона которой наклонена к вертикали под углом 3°, а другая — под углом 30° (рис. 244, *г*). Для каждого диаметра стандарт предусматривает три различных шага, равных по величине соответствующим шагам трапецеидальной резьбы. Допуски даны в ГОСТ 10177—62.

19.6. Условное изображение резьбы

Изображают резьбы на чертежах и обозначают условно по ГОСТ 2.311—68.

На стержне резьбу изображают сплошными основными линиями по наружному диаметру d и сплошными тонкими линиями — по внутреннему диаметру d_1. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию

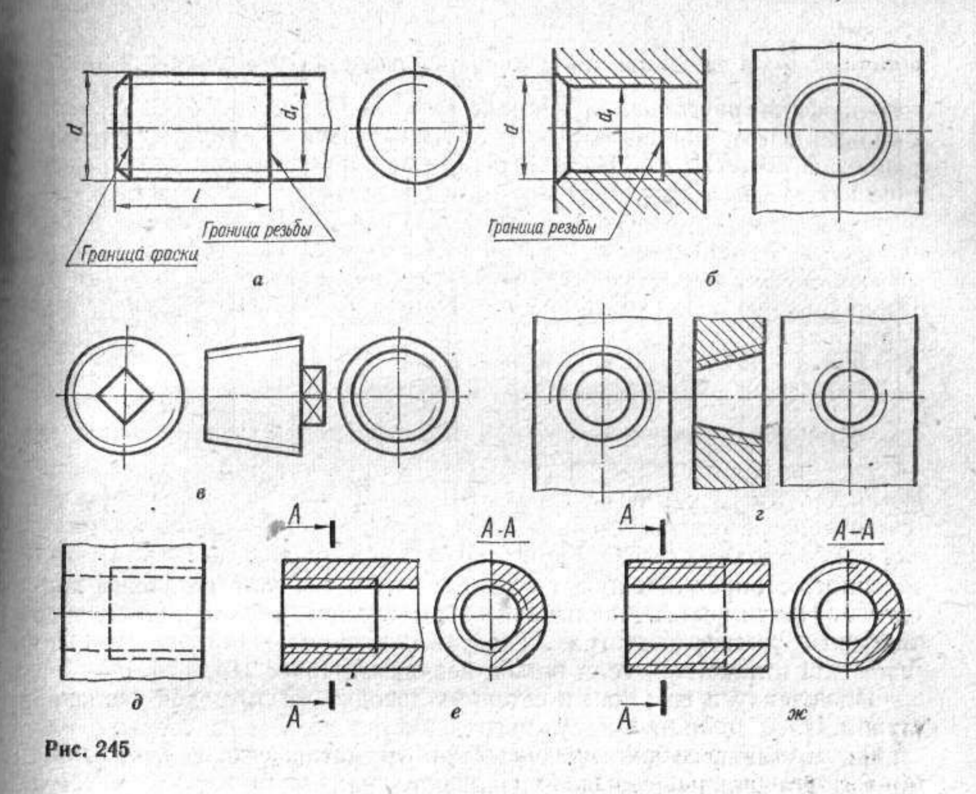


Рис. 245

проводят на всю длину резьбы без сбега (рис. 245, *а*). На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, сплошную тонкую линию внутреннего диаметра резьбы проводят приблизительно на 3/4 длины окружности, причем эта линия может быть разомкнута в любом месте.

В отверстии резьбу в разрезах вдоль оси изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими — по наружному (рис. 245, *б*), причем тонкую линию проводят на всю длину резьбы без сбега. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, тонкую линию наружного диаметра резьбы проводят лишь на 3/4 длины окружности, размыкая ее в любом месте.

На рис. 245, *в*, *г* показано условное изображение конической резьбы на стержне и в отверстии.

Расстояние между линиями наружного и внутреннего диаметра резьбы должно быть не менее 0,8 *мм* и не более величины шага резьбы. Для исполнения рабочих чертежей это расстояние, приблизительно равное h, рекомендуется брать из соответствующих стандартов. У метрической резьбы $h = 0,54\ S$, у трубной $h = 0,64\ p$, у трапецеидальной $h = 0,5\ S$.

Резьба в отверстии на виде изображается штриховыми линиями одной толщины по наружному и внутреннему диаметрам (рис. 245, *д*).

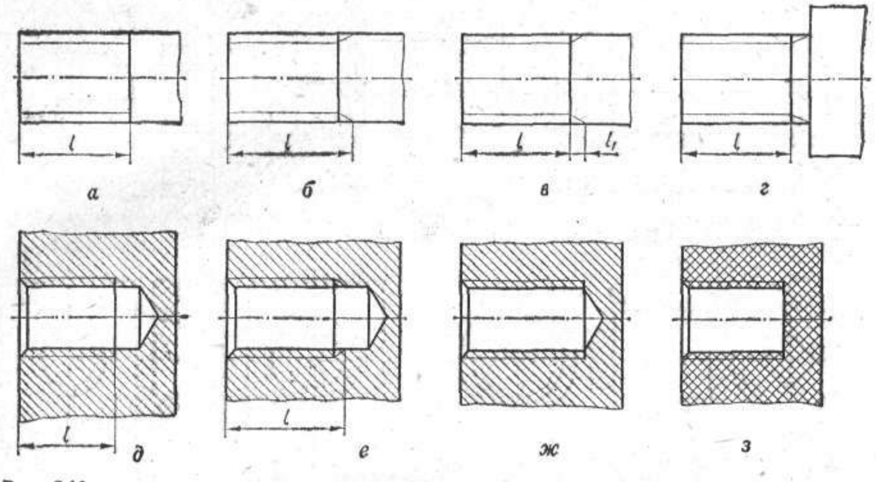


Рис. 246

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на конце полного профиля резьбы, до начала сбега. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра и изображают ее сплошной основной линией или штриховой, если резьба невидимая (рис. 245, *а*, *б*, *д* — *ж*).

Штриховку в разрезах и сечениях доводят до сплошной основной линии, т. е. до линии наружного диаметра резьбы на стержне или линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии (рис. 245, *б*, *е*, *ж*).

Размер длины резьбы указывают, как правило, без сбега (рис. 246, *а*, *д*). При необходимости длину резьбы указывают со сбегом (рис. 246, *б*, *е*) или отдельно наносят длину сбега (рис. 246, *в*). На рабочих чертежах, по которым в глухом отверстии (гнезде) нарезают резьбу, нужно показывать разницу между глубиной сверления и длиной резьбы (рис. 246, *д*). На остальных чертежах допускается изображать конец глухого резьбового отверстия так, как показано на рис. 246, *ж*, *з*, даже при наличии разности между глубиной отверстия и длиной резьбы.

Сбег резьбы (в случае необходимости) изображают сплошной тонкой наклонной линией, идущей за пределами границы резьбы (рис. 246, *б*, *е*).

Фаски на стержне и в отверстии с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, на плоскости, перпендикулярной к оси стержня или отверстия, не изображаются (рис. 245, *а*, *б*). Сплошная тонкая линия внутреннего диаметра резьбы на стержне должна пересекать границу фаски (рис. 245, *а*).

Резьбу с нестандартным профилем изображают одним из способов, показанных на рис. 247, *а* — *г*. При этом следует указывать шаг резьбы, ширину впадины, наружный и внутренний диаметры, предельные отклонения и др.

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскость, параллельную его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы,

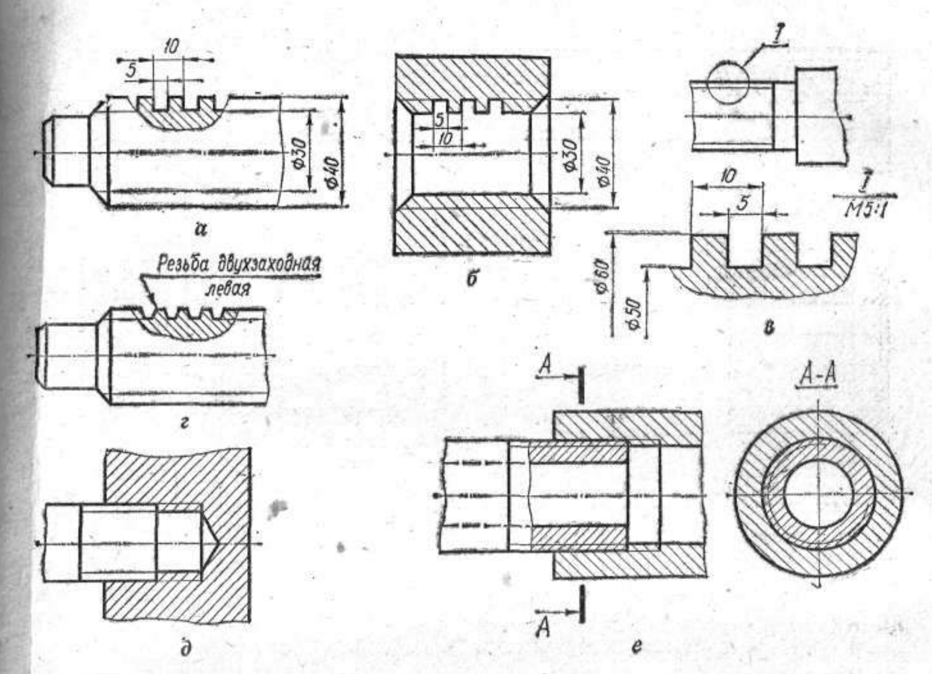


Рис. 247

которая не закрыта резьбой стержня (рис. 247, *д*, *е*). Основные сплошные линии, соответствующие наружному диаметру резьбы на стержне, переходят в сплошные тонкие линии, соответствующие наружному диаметру резьбы в отверстии, и наоборот, сплошные тонкие линии на стержне переходят в основные линии в отверстии.

Изображение резьбового соединения в поперечном разрезе показано на рис. 247, *е*.

19.7. Условное обозначение резьбы

Для обозначения резьбы используют ГОСТ 2.311—68 и стандарты на отдельные виды резьб. Для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, обозначение относят к наружному диаметру и проставляют над размерной линией, на ее продолжении или на полке (рис. 248, *а*, *б*). Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической относят к контуру резьбы (основная сплошная линия) и наносят только на полке линии-выноски (рис. 248, *в*).

Рассмотрим обозначения отдельных видов резьбы.

Метрическую резьбу с крупным шагом обозначают буквой «М», величиной наружного диаметра в миллиметрах и указанием поля допуска резьбы; например: М 12—6*g* — резьба метрическая с крупным шагом, наружный диаметр резьбы 12 *мм*, поле допуска — 6*g*. В обозначении резьбы с мелким шагом дополнительно указывают величину шага, например: М 12 × 1 — 6*g*; М 12 × 1—6*H* (рис. 249, *а*).

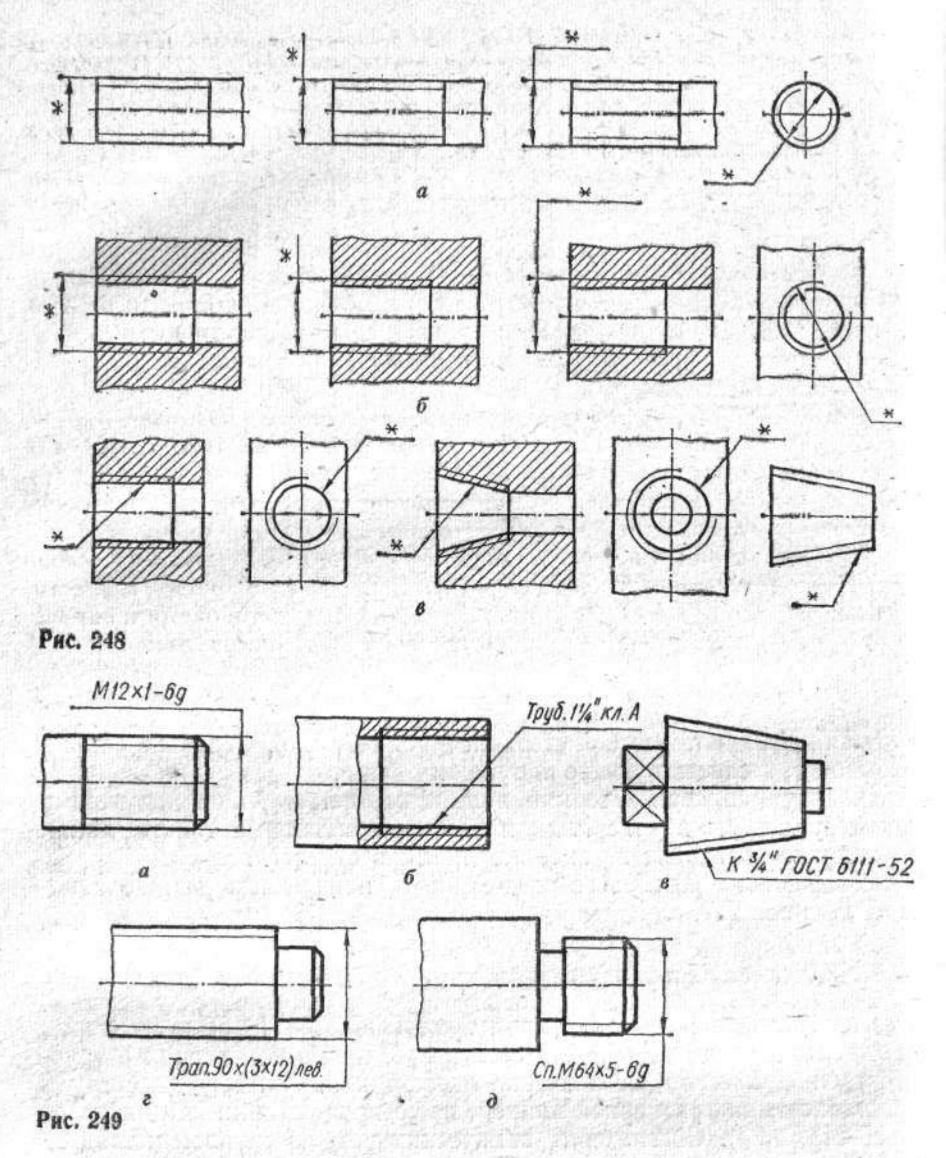


Рис. 248

Рис. 249

При обозначении резьбы в соединении двух деталей в числителе указывают обозначение поля допуска внутренней резьбы, а в знаменателе — поля допуска наружной резьбы, например: М 12—6*H*/6*g*; М 12 × 1—6*H*/6*g*.

Допуски для метрической резьбы устанавливает ГОСТ 16093—70. Обозначение поля допуска состоит из цифры, показывающей степень точности резьбы, и буквы, обозначающей основное отклонение. Для наружной резьбы установлены 4, 6 и 8 степени точности, а для внутренней — 5, 6 и 7. Аналогично установлены и ряды основных отклонений, обозначаемые буквами латинского алфавита: *h*, *g*, *e*, *d* — для наружной

резьбы и *H*, *G* — для внутренней. Наибольшее распространение для наружной резьбы имеют поля допусков 6*g* и 8*g*, а для внутренней — 6*H* и 7*H*. В таблицах ГОСТ 16093—70 можно найти числовые значения предельных отклонений, которые соответствуют различным полям допусков.

Ранее по ГОСТ 9253—59 допуски для метрической резьбы указывались величиной класса точности — первым, вторым или третьим (кл. 1, кл. 2 или кл. 3). Для перевода классов точности в поля допусков ГОСТ 16093—70 рекомендует следующие переводные соотношения: кл. 1 соответствует полю допуска 4*h* или 4*H*; кл. 2 и кл. 2*a*—6*g* или 6*H*; кл. 3—8*g* или 7*H*.

В обозначении *трапецеидальной резьбы* пишут слово «Трап.» и указывают наружный диаметр, шаг и класс точности. Для этой резьбы ГОСТ 9562—60 предусматривает три класса точности: кл. 1, кл. 2 и кл. 3. Примеры условного обозначения: Трап. 36 × 6 кл. 1; Трап. 36 × 6 кл. 3 и т. д.

Обозначая *упорную резьбу,* пишут слово «Уп.» и указывают наружный диаметр, шаг резьбы и класс точности. По ГОСТ 10177—62 для наружной резьбы предусмотрены 1 и 2-й классы точности (кл. 1 и кл. 2), а для внутренней — только один класс точности. Примеры условного обозначения: Уп. 80 × 16 кл. 1; Уп. 80 × 16 кл. 2.

В обозначении *трубной цилиндрической резьбы* указывают слово «Труб.», номинальный размер резьбы в дюймах и класс точности, например: Труб. 1 $^1/_4$″ кл. А (рис. 249, *б*). Для трубной цилиндрической резьбы ГОСТ 6357—73 устанавливает два класса точности — А и В.

Обозначая *коническую трубную резьбу,* указывают слово «$К_{труб}$», номинальный диаметр резьбы в дюймах и номер стандарта. Если резьба укороченная или повышенной точности, то добавляют слова «укор.» или «пов. точн.», например: $К_{труб}$ $^3/_4$″ ГОСТ 6211—69; $К_{труб}$ $^3/_4$″ укор. ГОСТ 6211—69; $К_{труб}$ $^3/_4$″ пов. точн. ГОСТ 6211—69.

Коническую дюймовую резьбу с углом профиля 60° обозначают буквой «К», значением размера резьбы в дюймах и указанием номера стандарта, например: К $^3/_4$″ ГОСТ 6111—52 (рис. 249, *в*).

Для указания левой резьбы к ее обозначению добавляют слово «лев.», например: Трап. 90 × 12 лев.; М 24 × 1 — 6*g* лев.

Если резьба многозаходная, то число заходов указывают в скобках сомножителем перед размером шага резьбы, например: Трап. 90 × (3 × 12) лев.— резьба трапецеидальная, диаметром 90 *мм*, трехзаходная, шаг резьбы 12 *мм*, левая (рис. 249, *г*). Ход этой резьбы равен 3 × 12 = 36 *мм*. Допускается число заходов резьбы указывать надписью (рис. 247, *г*).

Специальными называются резьбы, у которых некоторые параметры отличны от стандартизованных резьб. Имеются два типа специальных резьб:

1. Резьба имеет стандартизованный профиль, но размеры диаметра или шага отличны от принятых по стандарту. В этом случае в обозначении резьбы добавляется слово «Сп.», например: Сп. М 64 × 5 — 6*g* (рис. 249, *д*). В случае необходимости указывают предельные значения отклонений среднего диаметра резьбы, например: Сп. М 14 × × 1,25 $\frac{13,1888}{13,1180}$.

2. Резьба имеет нестандартизованный профиль. В этом случае профиль резьбы выполняют в виде выносного элемента и на нем проставляют все необходимые размеры. Наибольшее распространение имеет нестандартизованная прямоугольная резьба (рис. 247, *а—в*). На рисунке указано, какие размеры рекомендуется проставлять для прямоугольной резьбы.

19.8. Технические требования на болты, винты, шпильки и гайки (ГОСТ 1759—70)

Для характеристики механических свойств (при нормальной температуре) болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей установлено 12 классов прочности: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 6.9; 8.8; 10.9; 12.9 и 14.9. Классы прочности, как видим, обозначены двумя числами. Первое число, умноженное на 10, определяет величину минимального временного сопротивления, $\sigma_в$, *кгс/мм*², второе число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах; произведение чисел дает величину предела текучести в *кгс/мм*². Например, обозначение класса прочности 5.8 означает, что временное сопротивление $\sigma_в = 50$ *кгс/мм*², предел текучести $\sigma_т$ равен произведению чисел 5×8, т. е. 40 *кгс/мм*², и отношение предела текучести к временному сопротивлению составляет 80% (т. е. 8×10).

Для гаек, изготовленных из углеродистых и легированных сталей, установлено 7 классов прочности: 4; 5; 6; 8; 10; 12 и 14. Число, обозначающее класс прочности, при умножении на 10 дает величину напряжения σ_F, *кгс/мм*², от испытательной нагрузки, например: для класса прочности 8 напряжение от испытательной нагрузки составляет 80 *кгс/мм*².

Для каждого класса прочности стандарт рекомендует определенные марки стали и соответствующие технологические процессы изготовления крепежных деталей (табл. 7 и 8).

ГОСТ 1759—70 устанавливает также виды и условное обозначение покрытий для крепежных деталей (табл. 9). Вид покрытия для определенного материала выбирают по ГОСТ 14623—69, а толщину покрытия — по ГОСТ 9791—68. Характер покрытия определяется условиями работы крепежных деталей: для легких условий применяют цинковое и никелевое многослойное покрытие, для средних — кадмиевое и многослойное медь-никель-хром, а для тяжелых — окисное, фосфатное с промасливанием и др.

ГОСТ 1759—70 устанавливает правила нанесения условного обозначения крепежных деталей на чертежах и других конструкторских документах. Для болтов, винтов и шпилек из углеродистых сталей классов прочности 3.6—6.9, для гаек из углеродистых сталей классов прочности 4—8 и для изделий из цветных сплавов условное обозначение выполняют по такой схеме: 1) наименование детали; 2) вид исполнения (исполнение *1* не указывают); 3) диаметр резьбы; 4) величина шага резьбы (указывают только для резьбы с мелким шагом); 5) поле допуска резьбы (допуски *8g* и *7H* не указывают); 6) длина

Таблица 7

Рекомендуемые технологические процессы изготовления болтов, винтов и шпилек из углеродистых и легированных сталей

Класс прочности	Марка стали	Рекомендуемые технологические процессы изготовления
3.6	Ст3кп3, Ст3сп3, сталь 10, 10 кп	Горячая высадка Холодная высадка с последующей смягчающей термообработкой
4.6	Сталь 20	Горячая высадка Холодная высадка с последующей нормализацией
4.8	Сталь 10, 10кп	Холодная высадка
5.6	Сталь 30, 35	Горячая высадка Холодная высадка с последующей нормализацией
5.8	Сталь 10, 10кп, 20, 20кп, Ст3кп3, Ст3сп3	Холодная высадка
6.6	Сталь 35 Сталь 45, 40Г	Горячая высадка с последующими закалкой и отпуском Горячая высадка
6.8 6.9	Сталь 20, 20кп	Холодная высадка с последующими закалкой и отпуском Холодная высадка с редуцированием стержня
8.8—14.9	Стали по табл. 1 ГОСТ 1759—70	Горячая высадка с последующими закалкой и отпуском Холодная высадка с последующими закалкой и отпуском Точение с последующими закалкой и отпуском

Таблица 8

Рекомендуемые технологические процессы изготовления гаек из углеродистых и легированных сталей

Класс прочности	Марка стали	Рекомендуемые технологические процессы изготовления
4	Ст3кп3, Ст3сп3	Горячая высадка или вырубка
5	Сталь 10, 10кп Сталь 20	Холодная высадка Горячая высадка или вырубка

Класс прочности	Марка стали	Рекомендуемые технологические процессы изготовления
6	Ст5, Сталь 35 Сталь 10, 10кп, 15, 15кп	Горячая высадка или вырубка Холодная высадка
8	Сталь 20, 20кп Сталь 45 Сталь 35	Холодная высадка Горячая высадка или вырубка Горячая высадка с последующими закалкой и отпуском Холодная высадка
10—14	Стали по табл. 2 ГОСТ 1759—70	Горячая высадка с последующими закалкой и отпуском Холодная высадка с последующими закалкой и отпуском Точение с последующими закалкой и отпуском

Таблица 9

Виды и условное обозначение покрытий

Обозначение	Вид покрытия	Обозначение	Вид покрытия
00	Без покрытия	07	Оловянное
01	Цинковое с хроматированием	08	Медное
02	Кадмиевое с хроматированием	09	Цинковое
03	Никелевое многослойное — медь-никель	10	Окисное анодизационное с хроматированием
04	Многослойное — медь-никель-хром	11	Окисно-фосфатное
05	Окисное	12	Серебряное
06	Фосфатное с промасливанием		

стержня (для гаек этот показатель опускают); 7) класс или группа прочности; 8) указание о применении спокойной стали; 9) вид покрытия (вид покрытия 00, т. е. без покрытия, в обозначении не указывают); 10) толщина покрытия; 11) номер размерного стандарта на изделие.

Для болтов, винтов и шпилек классов прочности 8.8—14.9, для гаек классов прочности 10—14 и для изделий из коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких сталей обозначение ведут по той же схеме, но в восьмом пункте вместо указания о применении спокойной стали, пишут марку стали или сплава. Примеры обозначений приведены ниже.

19.9. Болты

Болт — это цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, а на другом — резьба для навинчивания гайки.

Болты различают по форме и размерам головки, форме стержня, точности изготовления, характеру исполнения и шагу резьбы.

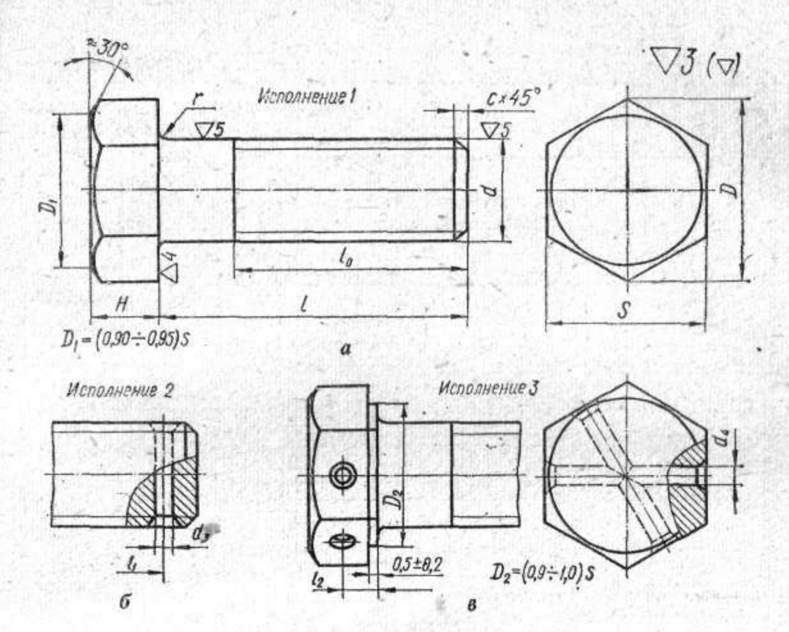


Рис. 250

Выполняют болты с шестигранными (рис. 250), полукруглыми и потайными головками. Шестигранные головки бывают нормальных и уменьшенных размеров, с *направляющим подголовком* (рис. 250, *в*) и без него (рис. 250, *а*). Болты с шестигранной головкой изготовляют с метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допусков 8*g* и 6*g*. Резьбу выполняют способом нарезки или накатки. В зависимости от этого диаметр ненарезанной части стержня может равняться диаметру резьбы или быть меньше его.

Изготовляют болты нормальной, повышенной и грубой точности, отличающиеся степенью шероховатости стержня, резьбы и опорной плоскости головки. На рис. 250, *а* показаны классы чистоты поверхности болта повышенной точности изготовления.

Болты с шестигранными головками имеют от трех (рис. 250) до пяти исполнений: исполнение *1* — без отверстия под шплинт (рис. 250, *а*); исполнение *2* — с отверстием под шплинт в цилиндрическом стержне (рис. 250, *б*); исполнение *3* — с двумя сквозными отверстиями в головке, предназначенными для стопорения болта проволокой, продеваемой в отверстия (рис. 250, *в*).

В условном обозначении болта указывают параметры, перечисленные на с. 242—244.

Примеры условных обозначений:

1. Болт с шестигранной головкой исполнения *1*, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, крупным шагом резьбы и полем допуска 8*g*, длиной $l = 60$ *мм*, класса прочности 5.8, без покрытия —

Болт М12×60.58 ГОСТ 7798—70.

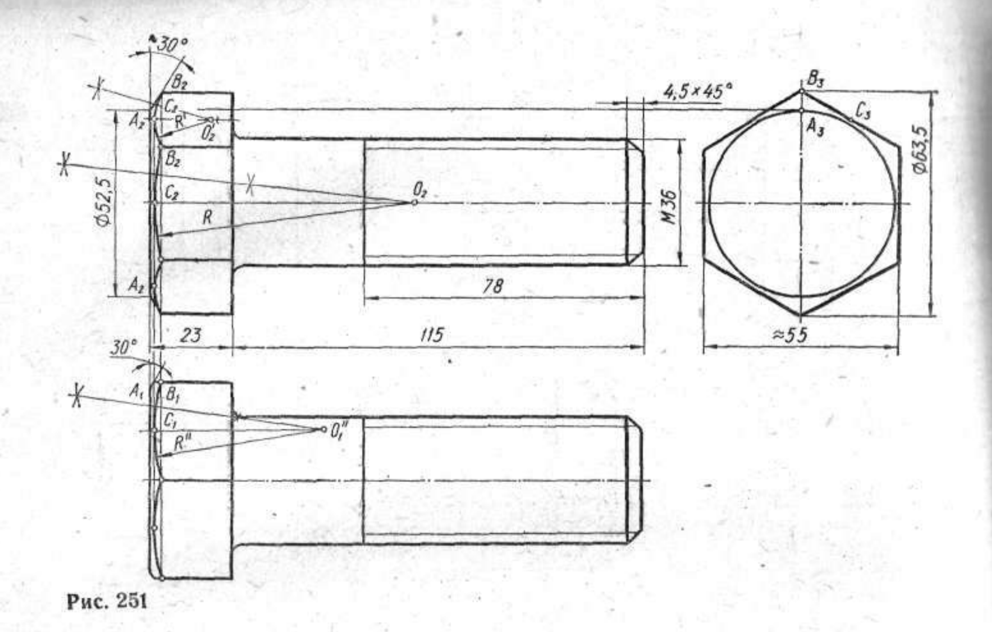


Рис. 251

2. Болт с шестигранной головкой исполнения *2*, повышенной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, мелким шагом резьбы 1,25 *мм* и полем допуска 6*g*, длиной $l = 60$ *мм*, класса прочности 10.9 из стали 40Х, с покрытием 01, т. е. цинковым с хроматированием, толщиной 6 *мкм* —

Болт 2М 12 × 1,25.6*g* × 60.109.40Х.016 ГОСТ 7805—70.

На рис. 251 выполнен чертеж болта по размерам, взятым из стандарта. Рассмотрите и поясните выполненное построение.

19.10. Гайки

Гайка — деталь, имеющая отверстие с резьбой для навинчивания на болт или на шпильку.

Гайки различают по форме поверхности, характеру исполнения, точности изготовления и шагу резьбы.

По форме поверхности различают гайки шестигранные (рис. 252, *а—в*), шестигранные прорезные (рис. 252, *г*), корончатые (рис. 252, *д*), круглые, гайки-барашки и др. По высоте шестигранные гайки бывают нормальной высоты, низкие, высокие и особо высокие. Кроме того, изготовляют гайки с уменьшенным размером «под ключ».

Шестигранные гайки имеют три вида исполнения: с двумя коническими фасками — исполнение *1* (рис. 252, *а*), с одной фаской — исполнение *2* (рис. 252, *б*) и без фасок с выступом с одного торца — исполнение *3* (рис. 252, *в*).

Гайки изготовляют нормальной, повышенной и грубой точности, отличающиеся степенью шероховатости резьбы и поверхностей гайки. На рис. 252, *а* показаны классы чистоты поверхностей для гайки

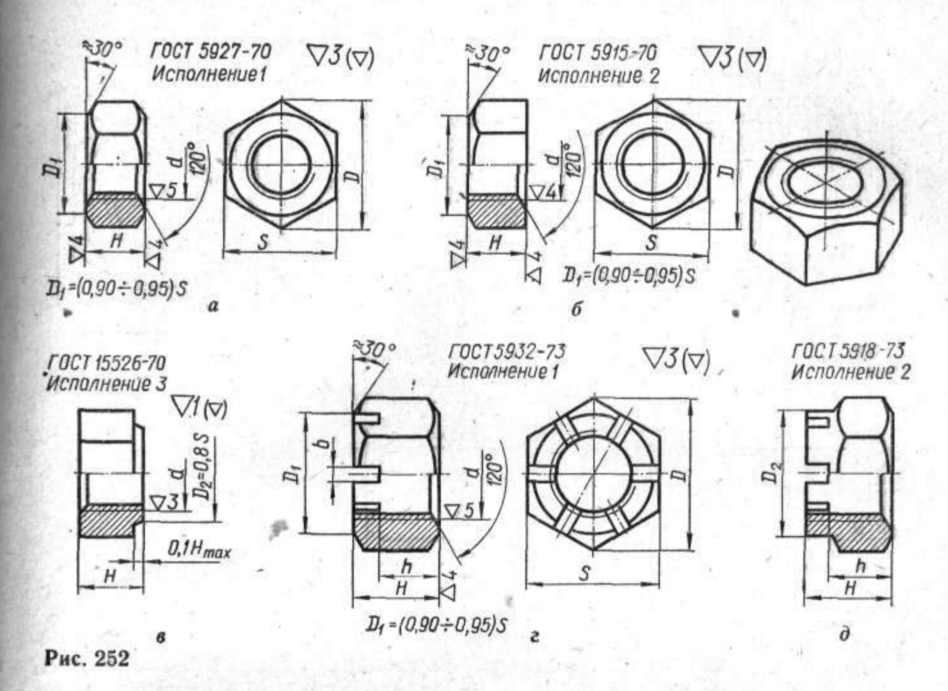


Рис. 252

повышенной точности изготовления, на рис. 252, *б* — для гайки нормальной точности, а на рис. 252, *в* — для гайки грубой точности изготовления.

Гайки изготовляют с метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допуска резьбы $7H$ и $6H$.

В условном обозначении гаек указывают параметры, перечисленные на с. 242—244.

Примеры условных обозначений:

1. Гайка шестигранная исполнения *1*, нормальной точности изготовления, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, крупным шагом резьбы и полем допуска $7H$, класса прочности 5, без покрытия —

Гайка М 12.5 ГОСТ 5915—70.

2. Гайка шестигранная исполнения 2, повышенной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, мелким шагом резьбы 1,25 *мм* и полем допуска $6H$, класса прочности 12, из стали 40Х, с покрытием 01 толщиной 6 *мкм* —

Гайка 2М 12 $\times$ 1,25. 6Н. 12. 40Х. 016 ГОСТ 5927—70.

На рис. 253 изображена последовательность построения гайки с одной фаской, диаметром резьбы М36 (ГОСТ 5927—70). Из стандарта определяют конструктивные элементы гайки: $d = 36$ *мм*; $H = 28$ *мм*; $D = 63{,}5$ *мм*; $S \approx 55$ *мм*. Последовательность вычерчивания гайки такова:

1. Проводят осевые линии. На виде слева вычерчивают вспомогательную окружность диаметром $D = 63{,}5$ *мм* и вписывают в нее правильный шестиугольник.

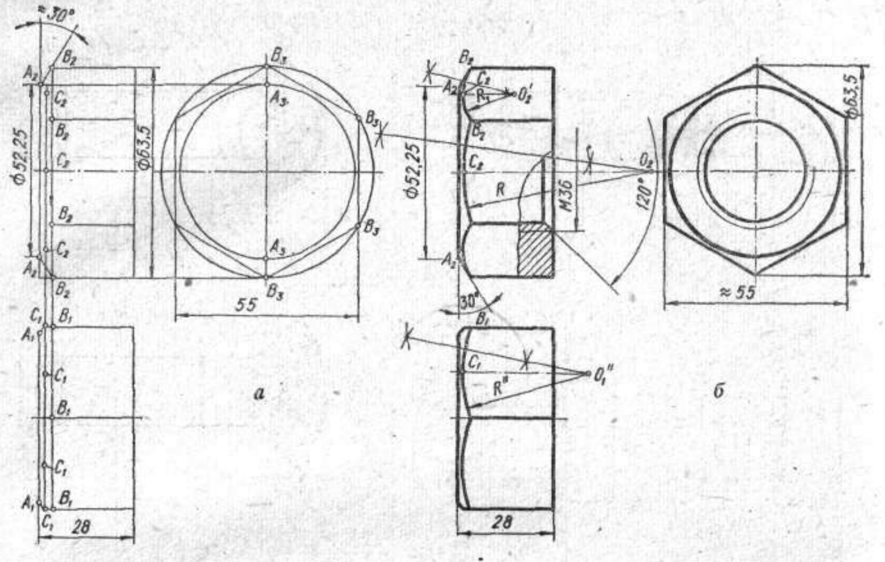


Рис. 253

2. На видах спереди и сверху проводят параллельные линии, отстоящие друг от друга на 28 *мм*. Проведя из вершин шестиугольника линии связи, получают проекции боковых ребер и граней гайки. На виде спереди гайка проецируется тремя гранями и ширина ее проекции равна диаметру окружности, т. е. 63,5 *мм*, на виде сверху гайка проецируется двумя видимыми гранями и ширина ее проекции равна размеру «под ключ», т. е. ≈ 55 *мм*.

3. Рассчитывают и вычерчивают диаметр D_1 окружности фаски, ограничивающий торцовую плоскость гайки:

$$D_1 = 0{,}95S = 0{,}95 \cdot 55 = 52{,}25 \text{ мм}.$$

На виде слева окружность проецируется в натуральную величину, причем она не касается сторон шестиугольника. На видах спереди и сверху проекции окружности изображаются отрезками A_2A_2 и A_1A_1. С помощью угольника из точек A_1 и A_2 проводят образующие конической фаски под углом $\approx 30°$. Пересечение этих образующих с ребрами призмы на виде спереди дает низшие точки B_2; B_2 кривых, а пересечение с гранями призмы на виде сверху — высшие точки C_1; C_1. С помощью линий связи, проведенных из полученных точек, на боковых ребрах получают проекции точки B, а на серединах граней — проекции точки C.

4. Коническая фаска пересекает грани призмы по гиперболам, которые условно заменяют дугами окружностей. Имея по три точки (B_2, C_2, B_2) на каждой боковой грани, определяют центры дуг окружностей (O_2, O_2', O_1''). Например, для определения центра O_2 из середины хорды B_2C_2 проводят перпендикуляр до пересечения со средней линией грани в точке O_2. Аналогично определяют центры O_2' и O_1''.

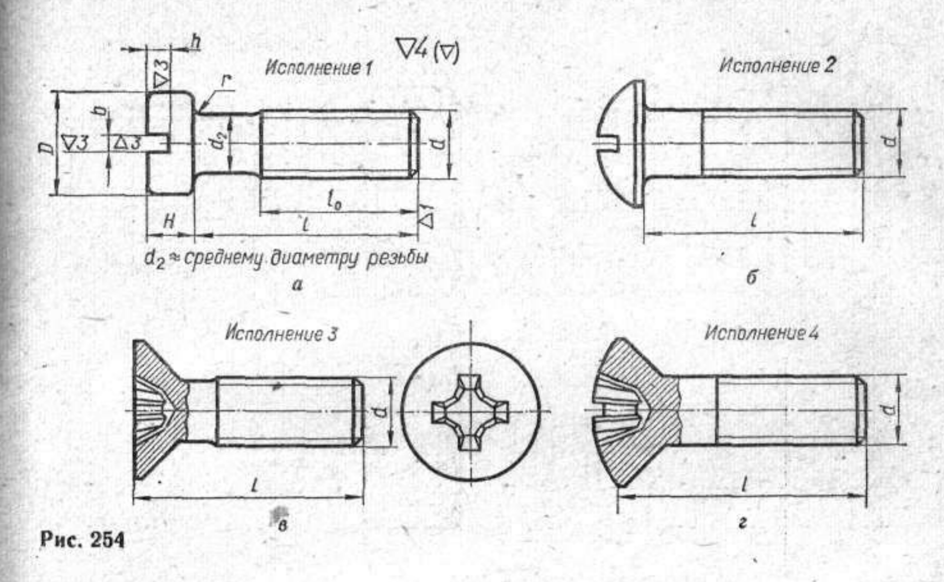


Рис. 254

5. Построение гайки заканчивают вычерчиванием резьбового отверстия диаметром М36. На виде спереди выполняют местный разрез, открывающий отверстие с резьбой и фаску.

19.11. Винты

По своему назначению винты разделяют на крепежные и установочные.

Крепежный винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого выполнена резьба, а на другом имеется головка.

Головки крепежных винтов выполняют под ключ или со шлицем для отвертки. Форма головки может быть цилиндрической (рис. 254, *а*), полукруглой (рис. 254, *б*), потайной (рис. 254, *в*), полупотайной (рис. 254, *г*), цилиндрической с шестигранным углублением и др. Крепежные винты бывают четырех исполнений: исполнение *1* — резьба выступает над ненарезанной частью стержня (рис. 254, *а*) , исполнение *2* — резьба выполнена на уровне стержня (рис. 254, *б*), исполнение *3* и *4* — с крестообразным шлицем в головке винта (рис. 254, *в, г*). Изготовляют винты с метрической резьбой крупного и мелкого шага с полями допусков 8*g* и 6*g*. Резьбу выполняют способами нарезки или накатки. Шероховатость поверхности крепежных винтов соответствует нормальной точности изготовления (рис. 254, *а*).

Установочные винты отличаются от крепежных тем, что их стержень нарезан полностью и имеет нажимной конец, входящий в соответствующее углубление детали. Применяют установочные винты в тех случаях, когда при сборке машин одну деталь нужно зафиксировать относительно другой. На рис. 255 изображены установочные

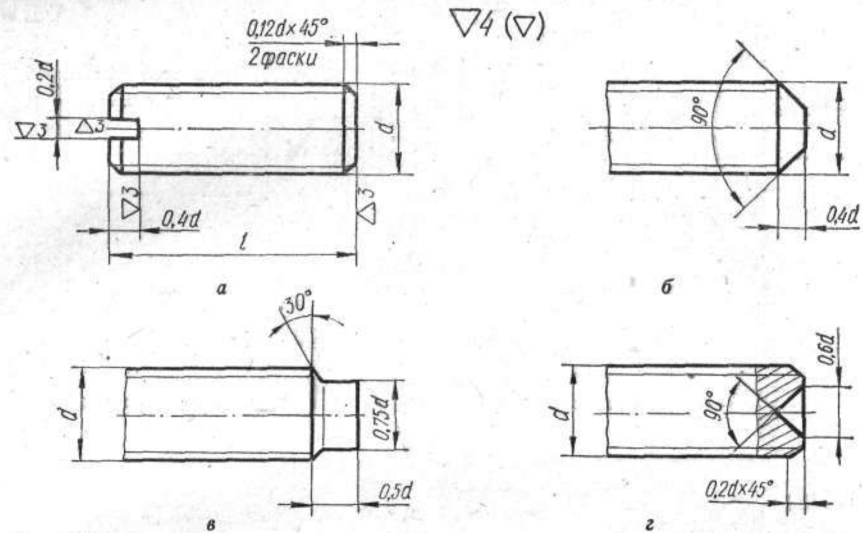


Рис. 255

винты под отвертку с различной формой нажимных концов: плоской (рис. 255, *а*), конической (рис. 255, *б*), цилиндрической (рис. 255, *в*), засверленной (рис. 255, *г*).

В условном обозначении винтов указывают параметры, перечисленные на с. 242—244.

Примеры условных обозначений:

1. Винт с цилиндрической головкой исполнения *1*, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, крупным шагом и полем допуска 8*g*, длиной $l = 50$ *мм*, класса прочности 5.8, без покрытия —

Винт М 12 × 50.58 ГОСТ 1491—72.

2. Винт с полукруглой головкой исполнения *3*, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 12$ *мм*, мелким шагом резьбы 1,25 *мм* и полем допуска 6*g*, длиной $l = 50$ *мм*, класса прочности 10.9, из стали 40Х, с покрытием 01 (цинковое с хроматированием), толщина покрытия 6 *мкм* —

Винт 3М 12 × 1,25. 6*g* × 50.109. 40Х. 016 ГОСТ 17473—72.

3. Винт установочный с засверленным концом, с диаметром резьбы $d = 10$ *мм*, крупным шагом и полем допуска 8*g*, длиной $l = 25$ *мм*, класса прочности 5.8, без покрытия —

Винт М 10 × 25.58 ГОСТ 1479—64.

19.12. Шпильки

Шпилька — крепежная деталь, представляющая собой цилиндрический стержень, снабженный резьбой на обоих концах (рис. 256).

Резьбовой конец длиной l_1 ввинчивается в деталь. Длиной шпильки считают величину l, на которую надевается скрепляемая деталь и навинчивается гайка. Шпильки изготавливают двух типов (рис. 256): *А* — с одинаковыми номинальными диаметрами резьбы и гладкой части и *Б* — с номинальным диаметром резьбы, бо́льшим диаметра гладкой части.

Длина ввинчиваемого резьбового конца бывает трех исполнений:

1) $l_1 = d$ — для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях достаточной пластичности ($\delta_5 \geqslant 8\%$);

2) $l_1 = 1{,}25\ d$ — для резьбовых отверстий в деталях из серого и ковкого чугуна, а также в стальных и бронзовых деталях пониженной пластичности ($\delta_5 < 8\%$);

3) $l_1 = 2d$ — для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов.

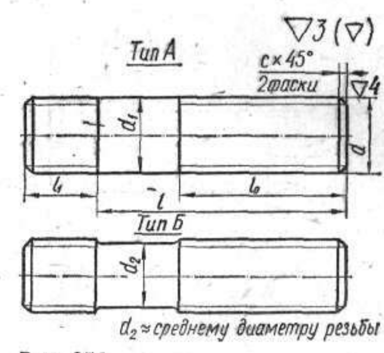
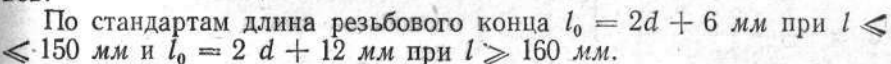


Рис. 256



По стандартам длина резьбового конца $l_0 = 2d + 6$ *мм* при $l \leqslant 150$ *мм* и $l_0 = 2\ d + 12$ *мм* при $l \geqslant 160$ *мм*.

Шпильки изготовляют с метрической резьбой крупного или мелкого шага. По характеру исполнения различают шпильки нормальной и повышенной точности изготовления. На рис. 256 показаны классы чистоты для шпильки нормальной точности изготовления.

Условное обозначение шпилек производят по тем параметрам, которые перечислены на с. 242. Отличие заключается лишь в том, что в обозначении после длины шпильки указывают отношение величины l_1 ввинчиваемого резьбового конца к длине l_0 резьбового конца.

Примеры условных обозначений шпилек:

1. Шпилька типа *А*, нормальной точности, с диаметром резьбы $d = 16$ *мм*, крупным шагом резьбы и полем допуска 8*g*, длиной $l = 120$ *мм*, длиной резьбового конца $l_0 = 38$ *мм*, длиной ввинчиваемого конца $l_1 = 1{,}25\ d = 20$ *мм*, класса прочности 5.8, без покрытия —

$$\text{Шпилька М } 16 \times 120 \frac{20}{38} \text{ 58 ГОСТ 11765—66.}$$

2. Шпилька типа *Б*, повышенной точности, с диаметром резьбы $d = 16$ *мм*, мелким шагом резьбы 1,5 *мм* и полем допуска 6*g*, длиной 120 *мм*, длиной резьбового конца $l_0 = 38$ *мм*, длиной ввинчиваемого конца $l_1 = d = 16$ *мм*, класса прочности 10.9, из стали марки 40Х, с покрытием 02 толщиной покрытия 9 *мкм* —

$$\text{Шпилька } Б \text{ М } 16 \times 1{,}5.\ 6g \times 120 \frac{16}{38} \text{ 109. 40Х. 029 ГОСТ 11766—66.}$$

19.13. Шайбы

Шайбы — это стальные кольца небольшой толщины, подкладываемые под гайки или головки болтов.

Шайбы предохраняют материал от задиров и увеличивают опорную поверхность, т. е. уменьшают величину напряжения от смятия. Стопорные шайбы служат для предохранения резьбовых деталей от самопроизвольного отвинчивания.

Различают шайбы круглые — ГОСТ 11371—68, ГОСТ 6958—68, ГОСТ 10450—68 (рис. 257, *а*), стопорные — ГОСТ 11872—66,

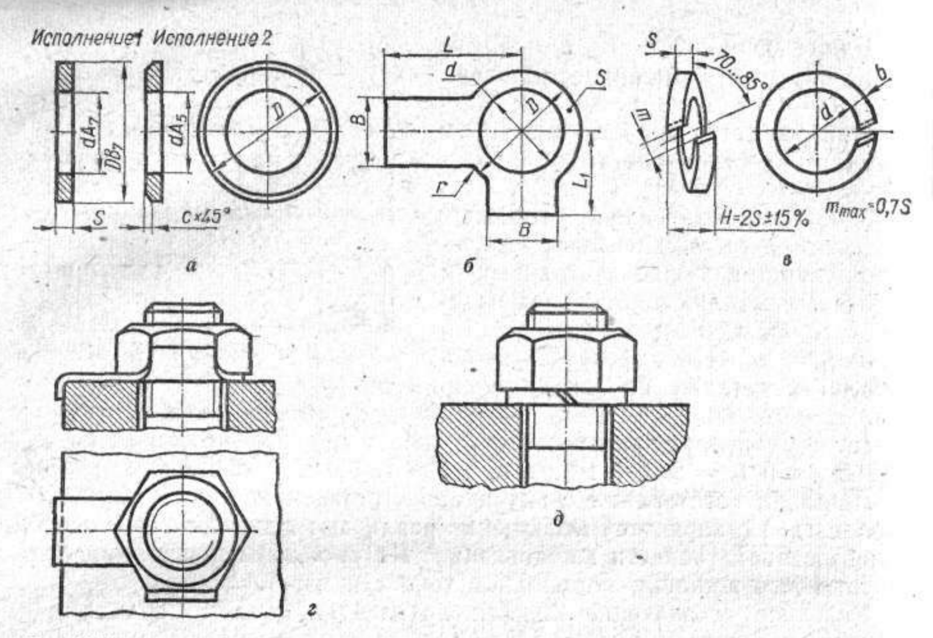


Рис. 257

ГОСТ 13463—68, ГОСТ 13464—68 (рис. 257, *б*), пружинные — ГОСТ 6402—70 (рис. 257, *в*) и др.

Шайбы круглые (ГОСТ 11371—68) бывают без фаски — исполнение *1* — и с фаской — исполнение *2*. Изготавливают их штамповкой из стальной низкоуглеродистой ленты или получают токарной обработкой из круглой калиброванной стали. Стопорные шайбы бывают с одной или двумя лапками — ГОСТ 13463—68 (рис. 257, *б*, *г*), многолапчатые — ГОСТ 11872—68, с носком — ГОСТ 13465—68 и др.

Для круглых и стопорных шайб в ГОСТ 18123—72 приведены марки материалов и их условные обозначения, условные обозначения покрытий и обозначения самих шайб.

Материалы, применяемые для изготовления шайб, делят на виды, условно обозначаемые цифрами: углеродистые стали — 0, легированные стали — 1, нержавеющие стали — 2, цветные металлы и сплавы — 3. Каждый вид делится на несколько групп, например: 01 — сталь 08, 08кп, 10, 10кп по ГОСТ 1050—60; 02 — сталь Ст3, Ст3кп по ГОСТ 380—71; 03 — сталь 15 по ГОСТ 1050—60; 11 — легированные стали 40Х, 30ХГСА по ГОСТ 4543—71; 32 — латуни марок Л63, ЛС59—1 по ГОСТ 15527—70 и т. д.

Условное обозначение покрытий производят по ГОСТ 1759—70 (см. табл. 9).

В условном обозначении круглых и стопорных шайб указывают: 1) слово «Шайба»; 2) вид исполнения (исполнение *1* не указывают); 3) диаметр стержня крепежной детали; 4) условное обозначение группы материала; 5) условное обозначение покрытия; 6) толщину покрытия; 7) номер размерного стандарта на шайбы.

Например:

Шайба 2.12.01.099 ГОСТ 11371—68

— шайба круглая, исполнение *2*, для болта с диаметром стержня 12 *мм*, из материала группы 01, покрытие 09 (цинковое), толщина покрытия 9 *мкм*.

Если материал шайбы и покрытие не предусмотрены стандартом, то в условном обозначении указывают марку материала и вид покрытия, например: «Шайба 2.12. ОХ18Н12Т. Ти ГОСТ 13464—68» (покрытие — титановое).

Пружинная шайба представляет собой стальное кольцо с разрезанными и разведенными в разные стороны концами. Пружинные шайбы бывают легкие (*Л*), нормальные (*Н*), тяжелые (*Т*) и особо тяжелые (*ОТ*). Изготавливают эти шайбы из стали 65Г (ГОСТ 4543—71) или из легированных сталей.

В условном обозначении пружинных шайб указывают: 1) слово «Шайба»; 2) диаметр стержня; 3) вид исполнения, т. е. *Л*, *Т* или *ОТ* (исполнение *Н* не указывают); 4) марку материала; 5) обозначение покрытия; 6) толщину покрытия; 7) номер размерного стандарта, например:

Шайба 12 65Г 029 ГОСТ 6402—70;

Шайба 12Т 3Х13 096 ГОСТ 6402—70.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое цилиндрическая винтовая линия?
2. Что называется шагом и витком винтовой линии?
3. Как определить длину витка винтовой линии? Как образуется резьба?
4. Назовите основные элементы профиля резьбы.
5. В чем разница между шагом и ходом резьбы?
6. Охарактеризуйте метрическую, трубную и трапецеидальную резьбы.
7. По каким признакам классифицируют резьбу?
8. Как условно изображают резьбу на стержне? в отверстии?
9. Как изображают на чертеже резьбу с нестандартным профилем?
10. Как изображают в разрезе резьбовое соединение?
11. Как условно обозначают метрическую резьбу с крупным шагом? с мелким шагом? трубную резьбу? упорную резьбу?
12. Как обозначают левую резьбу? многозаходную? специальную?
13. Дайте определение болта. По каким признакам классифицируют болты?
14. Как условно обозначают болты на чертежах?
15. Дайте определение гайки. По каким признакам классифицируют гайки?
16. Как условно обозначают гайки на чертежах?
17. По каким признакам классифицируют винты и как их условно обозначают на чертежах?
18. Что называется шпилькой и по каким признакам их классифицируют?
19. Как условно обозначают шпильки на чертежах?
20. Дайте определение шайбы. Как условно обозначают шайбы на чертежах?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Резьба и резьбовые изделия». Правильность ответов проверьте на с. 443.

Карта программированного контроля по теме „Резьба и резьбовые изделия"

1. Какой профиль принадлежит упорной резьбе (рис. 1)?

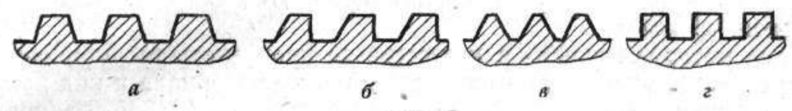


Рис. 1

2. Какие резьбы (рис. 1) принадлежат к ходовым?
3. На каких рисунках допущены ошибки в изображении резьбы (рис. 2)?

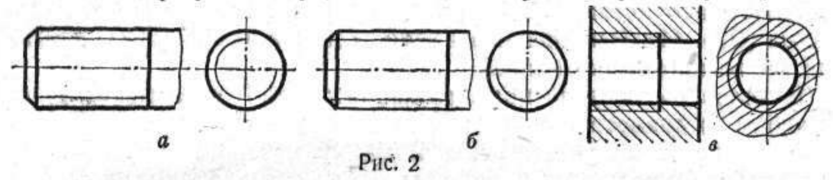


Рис. 2

4. На каких рисунках допущены ошибки в обозначении резьбы (рис. 3)?

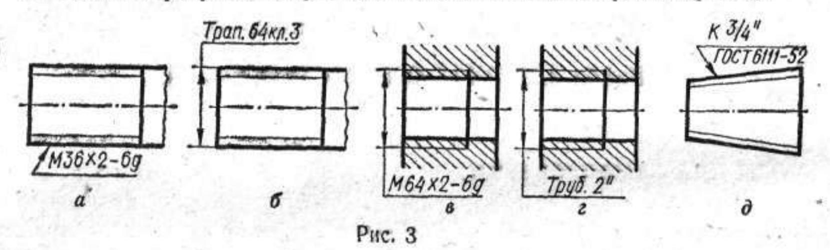


Рис. 3

5. Какие из перечисленных ниже резьб измеряются в дюймах?
Трапецеидальная (а) Упорная (б) Коническая (в) Трубная (г) Прямоугольная (д)
6. Расшифруйте словами условное обозначение болта

Болт 2М 12 × 80.66 ГОСТ 7798—70.

7. Расшифруйте словами условное обозначение резьбы:

Уп. 70 × 16; Трап. 60 × (3 × 8) лев.; М 64 × 2—6*g*.

8. Запишите словами условное обозначение гайки

Гайка *М* 12 × 1,25. 6*Н*. 12. 40Х. 016 ГОСТ 5915—70.

9. Запишите словами условное обозначение винта

Винт 2М 12 × 40.56 ГОСТ 17475—72.

10. Запишите словами условное обозначение шпильки

Шпилька *БМ* 16 × 1,5.6*g* × 100 $\frac{20}{38}$ 58.016 ГОСТ 11766—66.

§ 20. РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ И ЭСКИЗЫ ДЕТАЛЕЙ

20.1. Требования к рабочим чертежам деталей

Деталь — это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

Рабочий чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Непосредственно по рабочему чертежу деталь изготавливают на производстве.

При изображении детали на чертеже необходима конструкторская отработка не только ее формы в целом, но и всех конструктивных элементов: канавок, проточек, фасок, уклонов, резьбы и т. п.

Рабочий чертеж детали должен содержать: а) минимальное, но достаточное число изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), полностью раскрывающих форму детали; б) необходимые размеры с их предельными отклонениями; в) требования к шероховатости различных поверхностей; г) обозначения предельных отклонений формы и расположения поверхностей; д) сведения о материале, термической обработке, покрытии, отделке, которые деталь должна иметь перед сборкой; е) отдельно выделяемые технические требования и др.

Рассмотрим основные требования к рабочим чертежам деталей по ГОСТ 2.109—73 (в случае необходимости более подробный материал можно найти в стандарте):

1. На каждую деталь выполняют отдельный чертеж на листах формата по ГОСТ 2.301—68. Чертеж должен содержать основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104—68. Наименование изделия, проставляемое в основной надписи, должно быть по возможности кратким и соответствовать принятой терминологии. Наименование записывают в именительном падеже единственного числа. Если наименование состоит из нескольких слов, то на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое».

2. В основной надписи указывают условное обозначение материала детали в соответствии со стандартами на данный материал. Обозначение последнего должно содержать его наименование, марку и номер стандарта, например: Сталь 45 ГОСТ 1050—60. Если в условное обозначение материала входит его сокращенное наименование, например, «Ст», «СЧ», «КЧ», «Бр» и другие, то полные наименования «Сталь», «Серый чугун», «Ковкий чугун», «Бронза» не указывают, например: Ст3 ГОСТ 380—71.

3. Если по конструктивным или эксплуатационным требованиям деталь должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера, например из листовой стали, проката, полосы и т. п., то материал этой детали записывают по стандартам на соответствующий сортамент, например:

$$\text{Полоса}\ \frac{5 \times 50\ \text{ГОСТ}\ 103\text{—}57}{\text{Ст}\,3\ \text{ГОСТ}\ 535\text{—}58};$$

$$\text{Квадрат}\ \frac{\text{В}\ 60\ \text{ГОСТ}\ 2591\text{—}71}{\text{Ст3}\ \text{ГОСТ}\ 535\text{—}58}.$$

4. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают не в основной надписи чертежа, а в технических требованиях или технических условиях на изделие. В основной надписи должно быть указано не более одного вида материала.

5. Массу изделия, изображенного на чертеже, проставляют в основной надписи в килограммах без указания единицы измерения. Допускается давать массу и в других единицах измерения с указанием их, например: 5 *г*; 0,20 *т*.

6. Масштаб изображения на рабочих чертежах выбирают в соответствии с ГОСТ 2.302—68.

7. Как правило, рабочие чертежи разрабатывают на все детали, входящие в состав изделия. Не выпускать чертежи допускается на следующие детали: а) изготовляемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом; б) из листового материала, изготовляемые отрезкой по окружности или по периметру прямоугольника без последующей обработки; в) детали изделий индивидуального производства, форма и размеры которых (длина, радиус гиба и т. п.) устанавливаются по месту; г) покупные детали, подвергаемые покрытию, не изменяющему характер их сопряжения; д) детали неразъемных соединений (сварных, паяных и др.), если их конструкция настолько проста, что требует не более трех-четырех размеров, проставляемых на сборочном чертеже.

Необходимые данные для изготовления и контроля деталей, на которые чертежи не выпускаются, указывают на сборочных чертежах и в спецификации.

8. На чертежах применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные стандартами. Эти обозначения применяют без разъяснения их на чертеже и без указания номера стандарта.

9. Не допускается давать на чертежах ссылки на документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов (фасок, канавок, проточек и т. п.), если в соответствующих стандартах нет условного обозначения этих элементов, как, например, для центровых отверстий. Все данные для изготовления этих элементов должны быть приведены на рабочих чертежах.

Отметим два обстоятельства:

а) если в окончательно изготовленном изделии должны быть центровые отверстия, выполняемые по ГОСТ 14034—68, то их изображают упрощенно с указанием условного обозначения (рис. 258, *а*). Если центровые отверстия в готовом изделии недопустимы, то на поле чертежа в технических требованиях указывают: «Центровые отверстия недопустимы». Центровые отверстия не изображают и в технических требованиях не помещают никаких указаний о них, если наличие отверстий конструктивно безразлично;

б) если ребра или кромки детали необходимо изготовить острыми или скруглить, то на чертеже помещают соответствующее указание, например: «Кромки скруглить *R* 3 *мм*». Если на чертеже нет никаких указаний, то кромки и ребра притупляют.

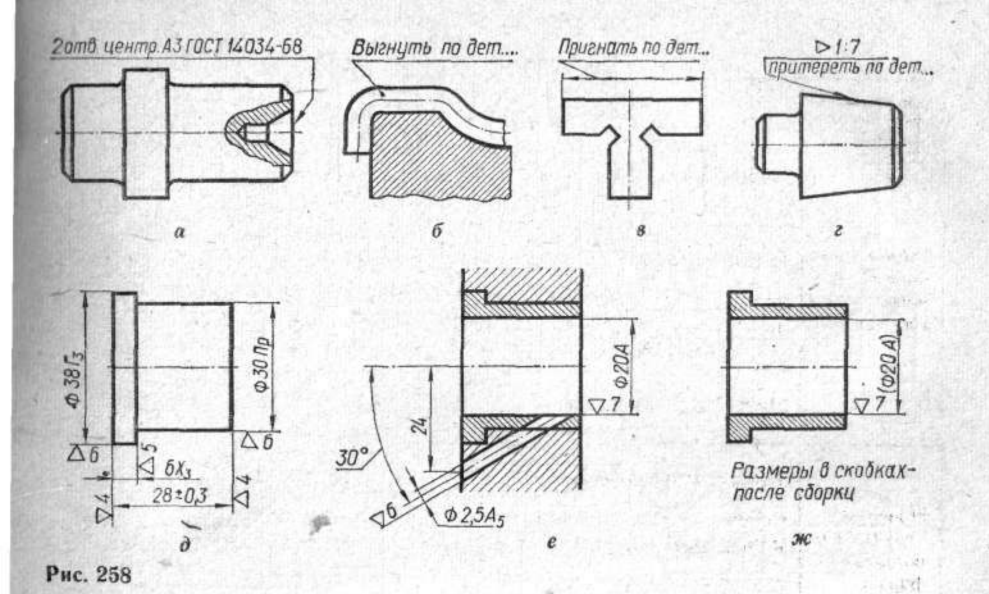


Рис. 258

10. Не допускается помещать на рабочих чертежах технологические указания, так как они ограничивают технолога в выборе процесса изготовления и затрудняют использование чертежей на других предприятиях. В виде исключения допускается указывать способы изготовления и контроля, если они являются единственными, гарантирующими требуемое качество изделия, например: совместная обработка, совместная гибка, развальцовка, притирка и т. п. Соответствующие записи делают в технических требованиях или на самом чертеже (рис. 258, *б—г*).

Допускается давать указания по выбору вида технологической заготовки для детали (поковка, отливка и т. п.).

11. На рабочем чертеже указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, которые деталь должна иметь перед сборкой (рис. 258, *д*). Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже (рис. 258, *е*). На этом сборочном чертеже показаны размеры для обработки внутреннего отверстия ⌀20А во втулке и для выполнения смазочного отверстия ⌀ $2{,}5A_5$.

Изделие, при изготовлении которого предусматривается припуск на последующую обработку некоторых элементов в процессе сборки, изображают на чертеже со всеми данными, которым оно должно соответствовать после окончательной обработки. Такие размеры заключают в круглые скобки, а в технических требованиях делают запись «Размеры в скобках — после сборки» (рис. 258, *ж*).

12. В ряде случаев применяют ступенчатый способ изготовления деталей, т. е. вначале получают изделие-заготовку, из которой по рабочему чертежу обрабатывают нужную деталь. Заготовки, как правило,

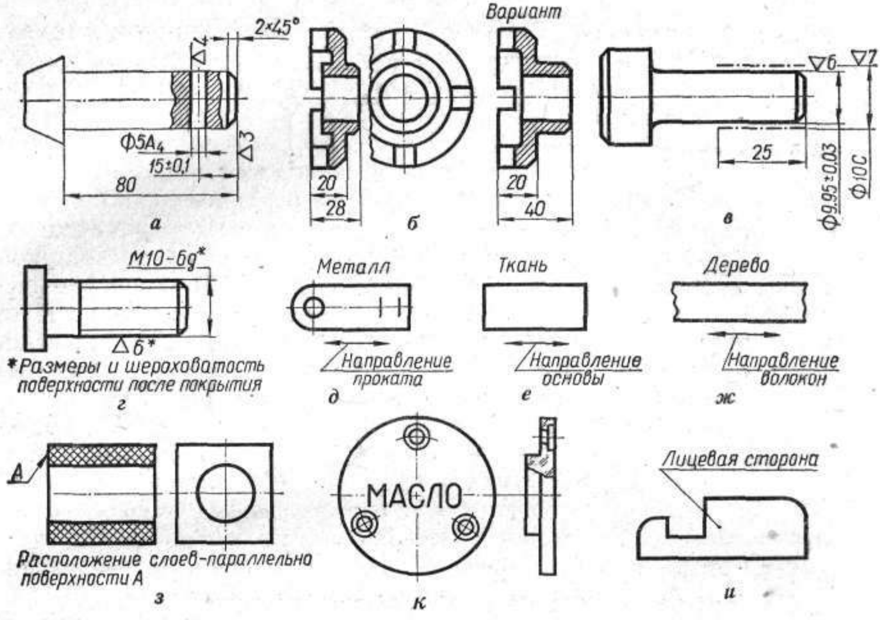


Рис. 259

получают одним технологическим процессом (например ковкой, штамповкой, литьем) и поэтому шероховатости поверхностей и классы точности размеров обычно одни и те же для всех элементов детали.

В выполнении чертежей деталей, для которых применяются заготовки, есть некоторые особенности. Заготовки изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой,— сплошными основными линиями (рис. 259, *а*), причем наносят только те размеры, предельные отклонения, шероховатость и пр., которые необходимы для дополнительной обработки. Так, на рис. 259, *а* показаны размеры, предельные отклонения и знаки шероховатости только для обработки фаски и отверстия под штифт.

Допускается на подобном чертеже наносить справочные, габаритные и присоединительные размеры. В графе «Материал» основной надписи записывают слово «Заготовка» и обозначение изделия-заготовки.

13. Если деталь допускается изготавливать в нескольких вариантах, отличающихся технологией изготовления (литье, объемная штамповка, сварка, прессование из прессматериала и т. п.), то на каждый вариант выпускают отдельный рабочий чертеж с самостоятельным обозначением. Если же варианты детали отличаются только конструктивными элементами или их формой (канавки для выхода инструмента, фаски, накатываемая или нарезаемая резьба и т. п.), то соответствующие указания дают в технических требованиях или помещают дополнительное изображение с надписью «Вариант» над ним (рис. 259, *б*).

Допускается изготовлять детали из двух и более частей (например:

обшивка, ограждение из отдельных частей и т. п.). При этом в технических требованиях помещают указание о допустимости изготовления такой детали, способе соединения частей и материалах, необходимых для соединения.

14. Если деталь подвергается покрытию, то на чертеже указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается указывать одновременно размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. В этом случае данные до покрытия указывают от контурной линии детали, а после покрытия — от штрих-пунктирной утолщенной линии, указывающей поверхность, подлежащую покрытию (рис. 259, *в*). Если же необходимо показать размеры и шероховатость поверхностей только после покрытия, то возле этих значений ставят знак «*» и в технических требованиях записывают: «* Размеры и шероховатость поверхности после покрытия» (рис. 259, *г*).

15. Когда деталь изготовляют из материала, имеющего определенное направление волокон, основы и т. п., например из металлической ленты, ткани, бумаги, дерева, то на чертеже при необходимости указывают направление проката, основы, волокон и др. (рис. 259, *д—ж*). Для слоистых материалов типа фибры, текстолита, гетинакса указания о расположении слоев материала при необходимости помещают в технических требованиях (рис. 259, *з*).

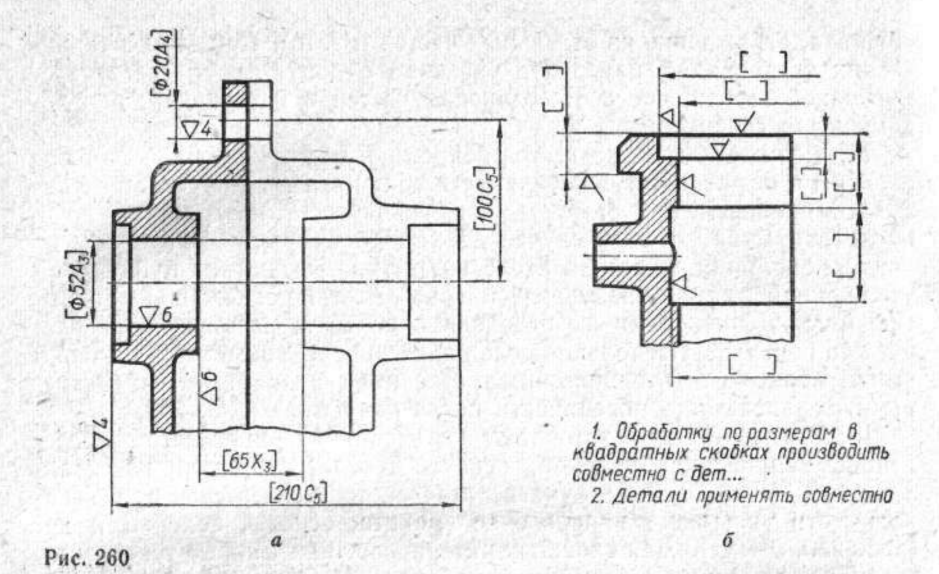
Если материал детали имеет лицевую и оборотную стороны, например кожа, пленка, ткани, при необходимости на полке линии-выноски указывают надписью лицевую сторону (рис. 259, *и*).

16. Детали из прозрачных материалов изображают как непрозрачные. Но если с обратной от наблюдателя стороны на этом материале имеются надписи, цифры, знаки, которые должны быть видны с лицевой стороны, на чертеже их изображают как видимые с соответствующим указанием в технических требованиях (рис. 259, *к*).

17. Элементы некоторых деталей до сборки обрабатывают совместно с другими изделиями, для чего последние временно соединяют и скрепляют (например, половины корпуса, части картера и т. п.). В этих случаях на обе детали выпускают самостоятельные чертежи со всеми необходимыми данными (размерами, предельными отклонениями, шероховатостью поверхности и др.). Размеры же, получаемые при совместной обработке, заключают в квадратные скобки и в технических требованиях записывают: «Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. ...» (рис. 260, *б*). В сложных случаях при указании размеров, связывающих различные поверхности обоих изделий, рядом с изображением одной из деталей, помещают полное или частичное упрощенное изображение другой детали, выполненное сплошными тонкими линиями (рис. 260, *а*).

18. Если некоторые элементы изделия необходимо обработать по другому изделию или пригнать к нему, то размеры таких элементов отмечают на чертеже знаком «*» или буквенным обозначением, а в технических требованиях приводят соответствующую запись. Пример подобной пригонки конического вала и отверстия дан на рис. 261, *а*.

19. Когда обработка отверстий в изделии под установочные винты, заклепки, штифты должна производиться при сборке его с другими



1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет...
2. Детали применять совместно

Рис. 260

A
◁1:7
АБВГ.387246.279
Б

1. Поверхность А обработать по дет. АБВГ.387246.279, выдержав размер Б.
2. Детали применять совместно

а

2отв.
2отв. Ф
2фаски

б

в

Рис. 261

изделиями, на чертеже детали отверстие не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают. Все необходимые данные для обработки таких отверстий (изображения, размеры, шероховатость поверхностей, координаты расположения, количество отверстий и т. п.) помещают на сборочном чертеже (рис. 261, *б*).

20. Если фасонная деталь изготовлена гибкой из листового материала или проката и ее изображение не дает полного представления о форме и размерах некоторых ее элементов, на чертеже помещают полную или частичную развертку детали с надписью над изображением «Развертка» (см. рис. *301*). Развертку выполняют сплошными основными линиями, а линии сгиба наносят (только при необходимости) тонкими сплошными линиями с указанием на полке линии-выноски: «Линии сгиба».

Допускается совмещать изображение части развертки с видом детали. В этом случае развертку выполняют штрих-пунктирными тонкими линиями и надпись «Развертка» не помещают (рис. 261, *в*).

20.2. Выполнение эскиза детали с натуры

Конструкторские документы, предназначенные для одноразового использования, могут выполняться в эскизном виде.

Эскизами называются чертежи, выполненные без применения чертежных инструментов и точного соблюдения масштаба.

По содержанию к эскизам предъявляются такие же требования, как и к рабочим чертежам. Отступление от масштаба не должно нарушать пропорции элементов детали на ее изображении.

Последовательность выполнения эскиза детали с натуры можно разбить на две стадии: подготовительную и основную.

Подготовительная стадия выполнения эскиза:

1. Внимательно осмотреть деталь, ознакомиться с ее конструкцией, определить имеющиеся в ней отверстия, приливы, фланцы, выступы, канавки, проточки, резьбы и т. п. Мысленно расчленить деталь на простые геометрические формы и определить, как эти формы собраны в единое целое.

2. Установить наименование детали, материал, из которого она изготовлена, назначение, рабочее положение детали в изделии и др.

3. Выбрать положение детали для построения ее главного изображения. Главным изображением может быть вид, разрез или сочетание вида с разрезом. Главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Выбирая главное изображение, нужно учитывать некоторые требования конструктивного и технологического порядка. Например, детали, обрабатываемые на токарном станке (оси, втулки, кольца, валы, шпиндели и т. п.), изображают в таком положении, которое они занимают во время обработки точением, т. е. геометрическую ось этих деталей располагают параллельно основной надписи чертежа (рис. 262, *а*). Штампованные детали помещают на главном изображении соответственно их положению при штамповке (рис. 262, *в*). Детали, заготовки которых получают литьем, располагают так, как они

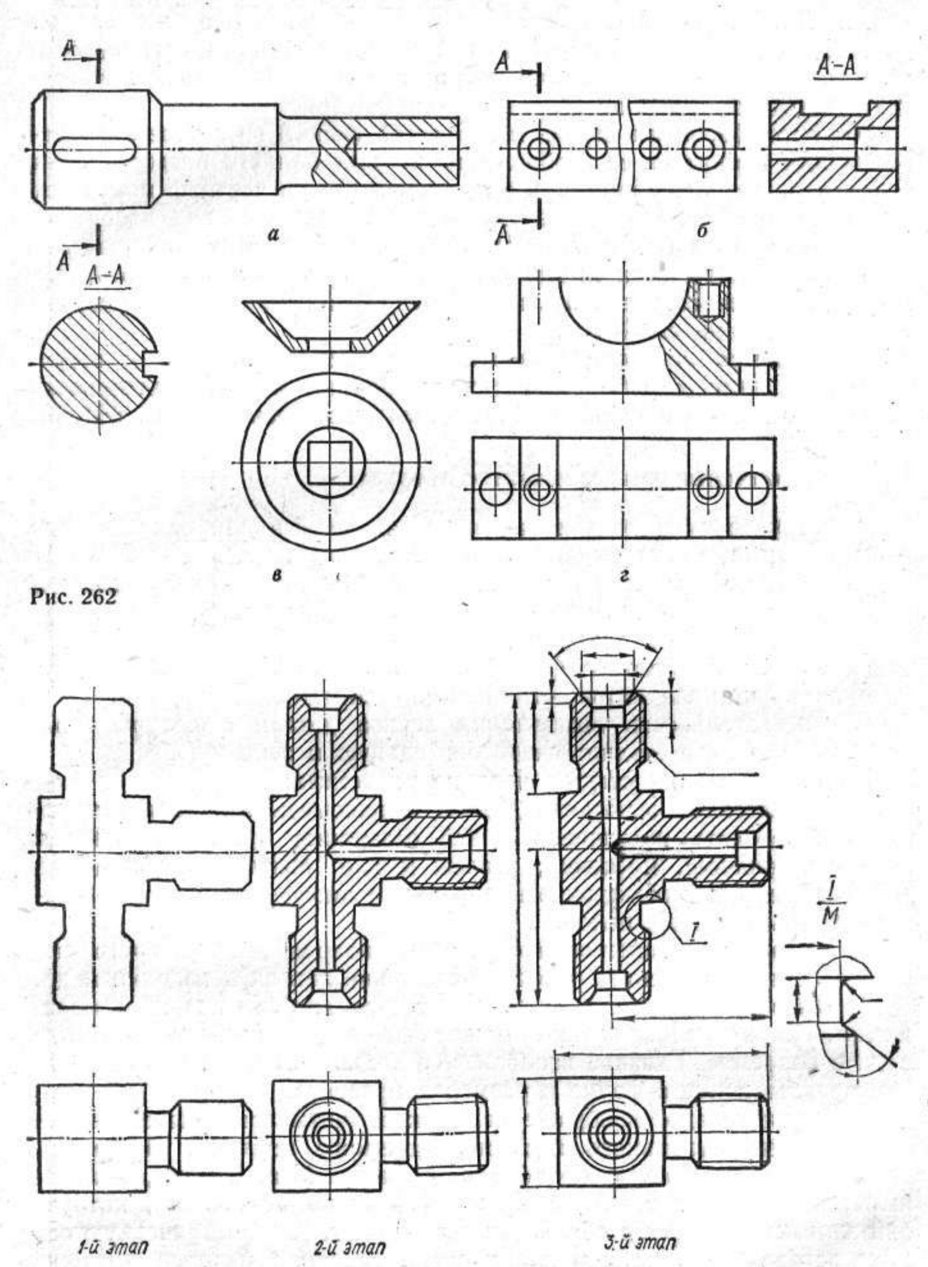
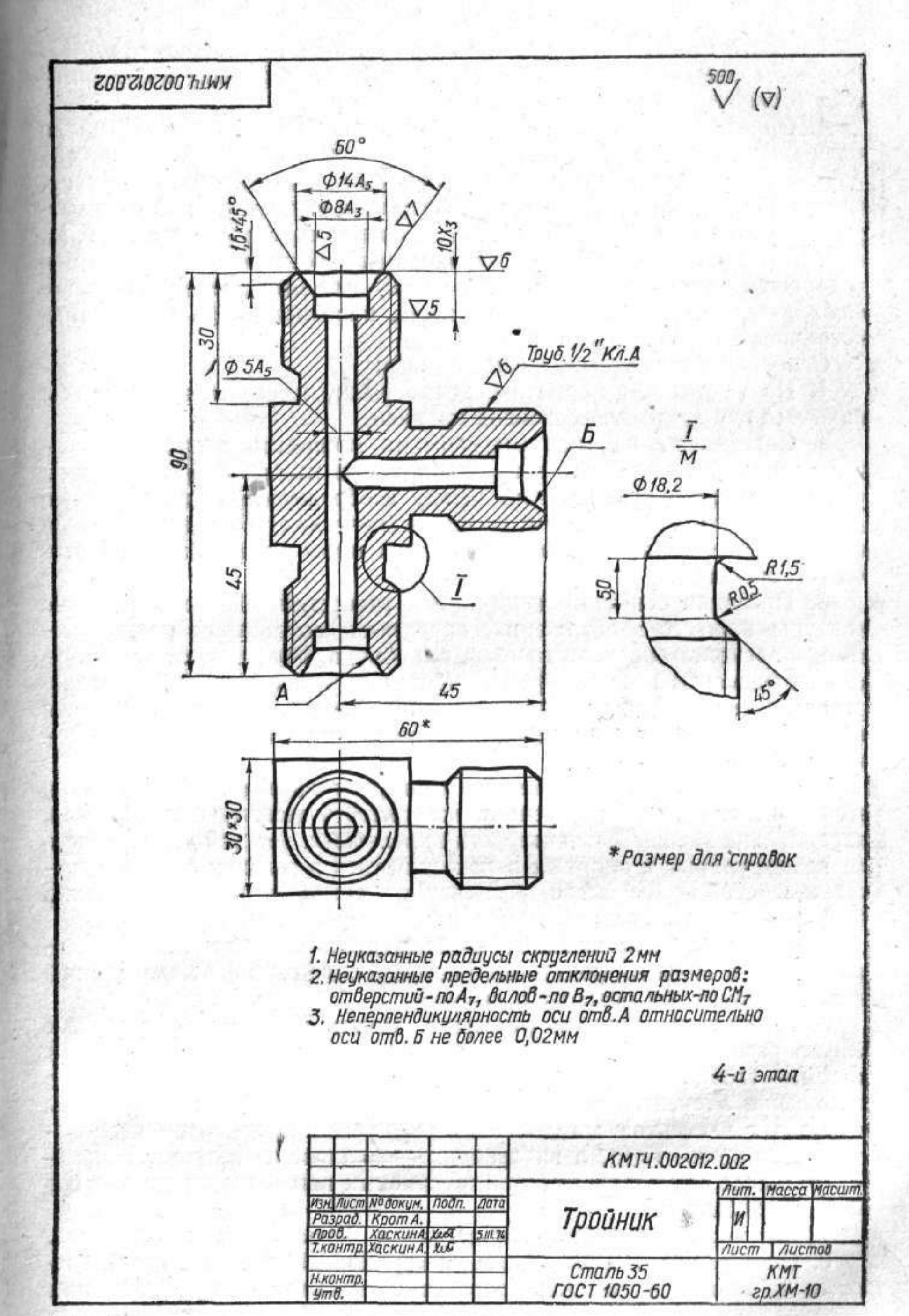


Рис. 262

Рис. 263



КМТЧ.002012.002
500
60°
Ф14A5
Ф8A3
1,6×45°
Δ5
∇7
10X3
∇6
∇5
30
Ф 5A5
Труб. 1/2" Кл.А
∇6
90
Б
I
М
Ф18,2
R1,5
5,0
R0,5
45°
45
I
A
45
60*
30×30
*Размер для справок
1. Неуказанные радиусы скруглений 2 мм
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по A7, валов - по B7, остальных - по CM7
3. Неперпендикулярность оси отв. А относительно оси отв. Б не более 0,02 мм
4-й этап
КМТЧ.002012.002
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Крот А.
Пров. Хаскин А. 5.III.74
Т.контр. Хаскин А.
Н.контр.
Утв.
Тройник
Лит. Масса Масшт.
И
Лист Листов
Сталь 35 ГОСТ 1050-60
КМТ гр.ХМ-10

Рис. 264

находятся в изделии или в процессе разметки на разметочной плите. При этом основная обработанная плоскость детали чаще всего занимает горизонтальное положение (рис. 262, *б*, *г*).

4. Определяют необходимое (минимальное, но достаточное) число изображений — видов, разрезов, сечений и выносных элементов.

5. Устанавливают величину изображения, подготавливают бумагу, карандаши и резинку. Эскизы рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге или бумаге в клетку. Карандаши берут марок МТ, М, и 2М, позволяющие создать необходимую контрастность линий и выдержать их толщину. Бумага в клетку или миллиметровая позволяют выдерживать проекционную связь, параллельность линий, симметричность изображения и т. п.

Основная стадия выполнения эскиза:

1. На выбранном формате наносят рамку и выделяют в правом нижнем углу место для основной надписи.

2. Определяют на глаз соотношения габаритов детали и намечают прямоугольники для всех планируемых изображений. При этом учитывают свободную площадь между изображениями, необходимую для нанесения размеров, надписей, технических требований. Удачная компоновка (планирование) чертежа имеет определенное эстетическое значение.

3. Проводят оси симметрии и оси отверстий. Наносят внешние контуры каждого изображения, определяя соотношение между частями и элементами детали на глаз, без обмера. Изображают конструктивные элементы изделия (фаски, проточки, уклоны и т. п.). Предварительно проделанный геометрический анализ детали позволяет точней и целесообразней выполнять построение изображения на эскизе.

4. Тонкими линиями намечают контуры разрезов и сечений. При этом учитывают, что внутренняя поверхность детали, как правило, параллельна внешней, оси отверстий крепежных деталей должны быть перпендикулярны к опорным плоскостям гаек и головок болтов, центры отверстий чаще всего располагают симметрично относительно осей детали или по вершинам правильных многоугольников.

5. Проверяют выполненные изображения, убирают лишние линии, обводят видимый контур изображений сплошной основной линией и заштриховывают разрезы и сечения.

6. Наносят выносные и размерные линии. Размеры на чертежах можно разбить на три группы: а) размеры, определяющие деталь в целом,— габаритные размеры; б) размеры, определяющие взаимное положение элементов детали,— относительные размеры; в) размеры отдельных элементов детали. Размеры внешних элементов располагают со стороны вида, а внутренних — со стороны разреза. Нанесение размеров ведут с учетом конструктивных или технологических баз (см. п. 20.5).

7. Инструментами обмеряют детали и наносят размерные числа.

8. Определяют шероховатость поверхностей детали и обозначают ее на эскизе принятыми условными знаками. При определении шероховатости учитывают технологию изготовления детали либо

конструктивные особенности ее поверхностей. В случае необходимости проставляют термообработку, покрытие и т. п.

9. Выполняют необходимые надписи, проставляют технические требования, заполняют основную надпись и окончательно оформляют эскиз.

На рис. 263, 264 по этапам показано выполнение эскиза тройника.

20.3. Выполнение рабочего чертежа детали

Как и для эскиза, можно наметить две стадии выполнения рабочего чертежа детали при помощи чертежных инструментов.

Подготовительная стадия выполнения рабочего чертежа:

1. Проанализировать эскиз детали, для чего: а) прочитать эскиз и представить себе внешние и внутренние формы детали; б) проверить наличие необходимого и достаточного числа изображений; в) убедиться в целесообразности нанесения размеров с учетом конструктивных и технологических факторов; г) проверить правильность нанесения знаков шероховатости поверхностей, покрытия и термообработки; д) прочитать и продумать заполнение основной надписи, технических требований и др.

2. В соответствии с ГОСТ 2.302—68 выбрать масштаб изображения. Рекомендуется рабочие чертежи выполнять в масштабе 1 : 1.

3. Наметить окончательную компоновку рабочего чертежа (места расположения основных и дополнительных изображений, основной надписи и технических требований, площадь, нужную для нанесения размеров, и т. п.).

Исполнительная стадия выполнения рабочего чертежа детали:

1. Вычертить рамку, отделить место для основной надписи, провести оси симметрии и центровые линии, вычертить тонкими линиями видимый контур изображения, наметить невидимый контур, выполнить разрезы, сечения, дополнительные изображения, выносные элементы. Провести выносные и размерные линии.

2. Проверить выполненные построения и удалить вспомогательные линии. Тонкой штрих-пунктирной линией навести центровые и осевые линии, а сплошной основной линией — видимый контур изображения. Заштриховать разрезы и сечения. Оформить выносные и размерные линии и проставить размерные числа. Нанести знаки шероховатости поверхности, обозначения термообработки и покрытий. Заполнить основную надпись и технические требования.

В конце этой темы на рис. 299—301 даны примеры выполнения рабочих чертежей деталей.

20.4. Основная надпись

Каждый чертеж должен иметь основную надпись. В графах ее приводятся сведения, обозначения, указания, характеризующие изображенную деталь: наименование изделия, материал, масса и другие данные.

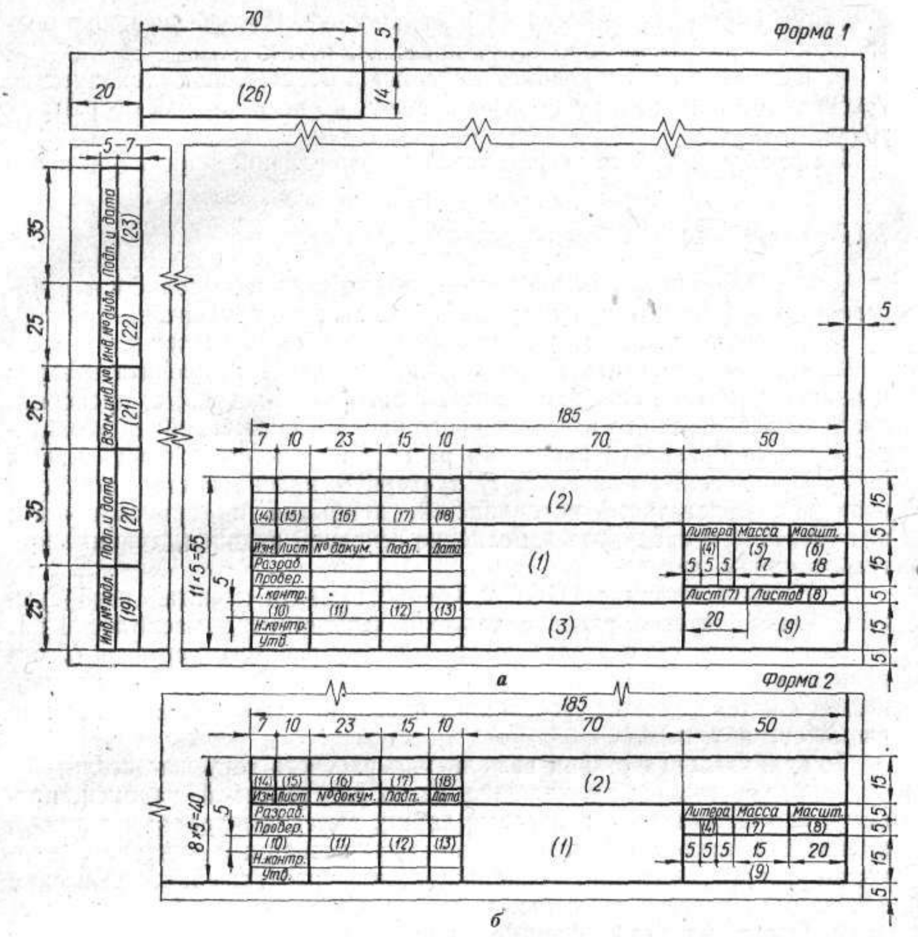


Рис. 265

Форму основной надписи устанавливает ГОСТ 2.104—68. На чертежах и схемах основную надпись выполняют по форме 1 (рис. 265, *а*), а в текстовых документах — по формам 2 и 2а (рис. 265, *б*; 266, *а*). Для последующих листов чертежей и схем допускается применять также форму 2а.

Основные надписи располагают в правом нижнем углу конструкторских документов и выполняют сплошными основными и тонкими линиями. На листах формата 11 по ГОСТ 2.301—68 основные надписи располагают вдоль короткой стороны листа (рис. 266, *б*), а на листах бóльших форматов — вдоль длинной (рис. 266, *в*) или короткой стороны (рис. 266, *г*).

Чтобы быстро находить на чертеже или схеме составные части изделия или его элементы, рекомендуется разбивать поле чертежа на зоны. Отметки, разделяющие чертеж на зоны, следует наносить

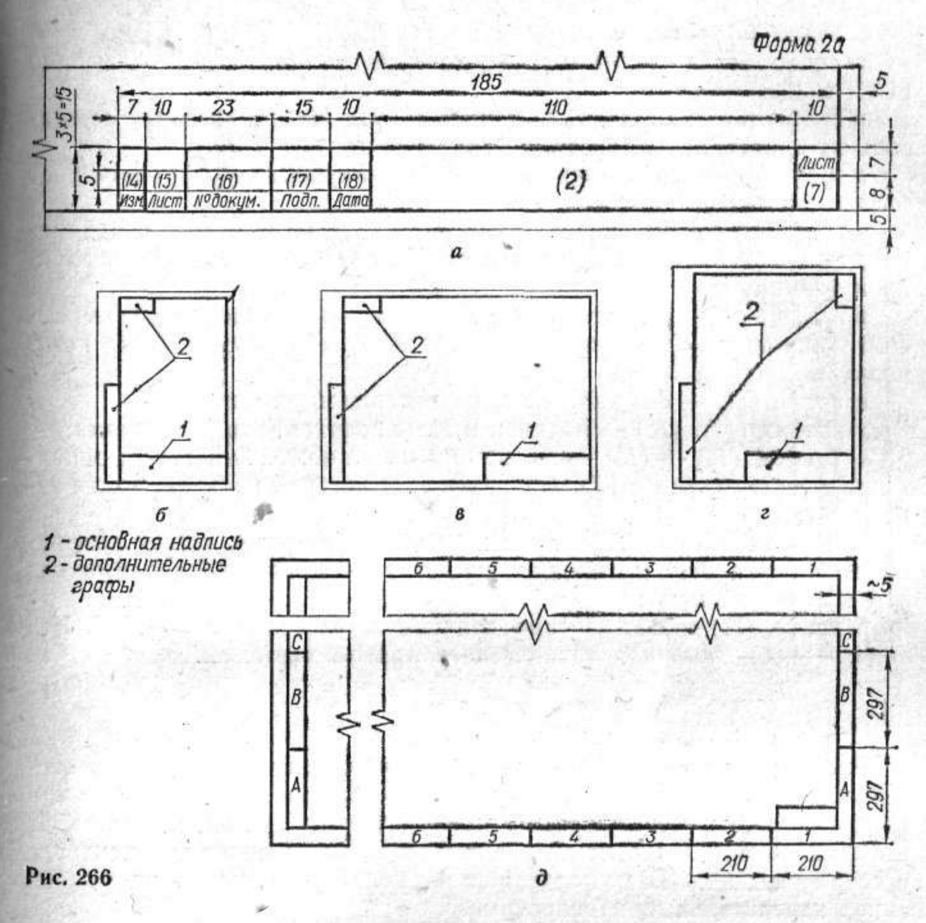


Рис. 266

на расстоянии, равном одной из сторон формата 11. По горизонтали отметки наносят арабскими цифрами справа налево, а по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх (рис. 266, *д*). Зоны обозначают сочетанием букв и цифр, например: A1, A2, A3; B1, B2, B3 и т. д.

В графах основной надписи и дополнительных указывают (рис. 265):

в графе (*1*) — наименование изделия или наименование документа, если этому документу присвоен шифр;

в графе (*2*) — обозначение документа по ГОСТ 2.201—68 (см. с. 389);

в графе (*3*) — обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);

в графе (*4*) — литеру, присвоенную данному документу по ГОСТ 2.103—68. Литеру «А» присваивают документам установочной серии, литеру «Б» — документам серийного или массового производства, литеру «И» — документам индивидуального производства;

в графе (*5*) — массу изделия по ГОСТ 2.109—73;

в графе (*6*) — масштаб, в котором выполнен чертеж (по ГОСТ 2.302—68);

в графе (*7*) — порядковый номер листа. На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;

в графе (*8*) — общее количество листов документа. Графу заполняют только на первом листе;

в графе (*9*) — наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ. На учебных чертежах указывают группу и техникум;

в графе (*10*) — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ: «Разработал», «Проверил», «Технологический контроль» и др.;

в графе (*11*) — фамилии лиц, подписавших документ;

в графах (*12*), (*13*) — подписи и даты подписывания документа;

в графах (*14*) — (*18*) — изменения на чертеже. Эти графы заполняют в соответствии с ГОСТ 2.503—68. В учебной практике их не заполняют;

в графах (*19*) — (*23*) — указывают инвентарный номер подлинника, подписи лиц, принявших дубликат и др. На учебных чертежах эти графы опускают;

в графе (*26*) — обозначение документа, повернутое на 180°. Эта запись необходима для технического архива чертежей.

20.5. Базы и нанесение размеров

Размеры на чертежах проставляют с учетом конструктивных особенностей работы детали в изделии, технологии ее изготовления и контроля размеров. Исходя из этих требований, выбирают базы, от которых обмеряют деталь при ее изготовлении, а также при контроле и сборке изделия. Базы разделяют на конструктивные, технологические, измерительные и сборочные.

Конструктивной базой (рис. 267, *а*, *в*, *г*) называется совокупность поверхностей, линий и точек, определяющих положение детали в механизме, т. е. совокупность элементов, относительно которых ориентируют деталь.

Технологической базой (рис. 267, *д*) называют поверхность, относительно которой ориентируют обрабатываемую поверхность детали при изготовлении.

Измерительной базой (рис. 267, *б*) называется поверхность или сумма поверхностей, от которых отсчитывают размеры при измерении готовых деталей. Измерительной базой может служить и ось вращения или ось симметрии изделия.

Сборочной базой называется совокупность поверхностей, линий и точек, относительно которых ориентируют остальные детали при сборке изделия.

Приведем примеры некоторых конструктивных баз. На рис. 267, *а* конструктивной базой служит плоскость, относительно которой выдерживают размер *m*, определяющий положение сопрягаемых

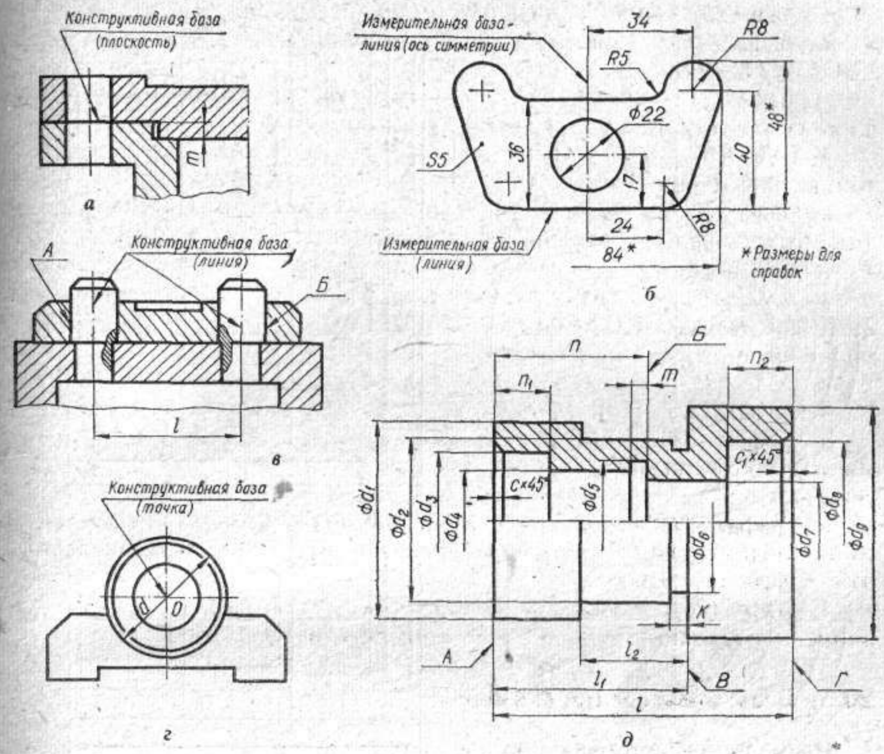


Рис. 267

поверхностей. На рис. 267, *в* конструктивными базами являются линии — оси цилиндров, позволяющие выдерживать размер l, от которого зависит положение сопрягаемых поверхностей A и $Б$. На рис. 267, *г* конструктивной базой служит ось O.

В учебной практике при выполнении эскизов с натуры чаще всего используют технологические базы, так как положение детали в изделии, как правило, неизвестно. На рис. 267, *д* при нанесении размеров втулки в качестве основной технологической базы принят левый торец A детали. Размеры нанесены так, что, пользуясь ими, легко изготовить деталь. Кроме основной базы A, использованы также вспомогательные базы $Б$, $В$ и $Г$, позволяющие наиболее просто и точно проконтролировать размеры, заданные на чертеже.

Относительно основной базы A ориентированы размеры n, n_1, l, l_1, а относительно вспомогательной базы $В$ — размеры l_2 и K. Обрабатывая внешнюю поверхность детали, ее протачивают вначале по диаметру d_1 на длину l_1, затем — по диаметру d_2 на длину l_2. Проточку шириной K выполняют резцом, у которого режущая кромка имеет ширину K. При обработке внутренней поверхности детали вначале просверливают сквозное отверстие диаметром d_7. Затем с одной стороны деталь растачивают по диаметру d_4 на длину n и по диаметру d_3 на длину n_1. Резцом выполняют проточку шириной m по диаметру

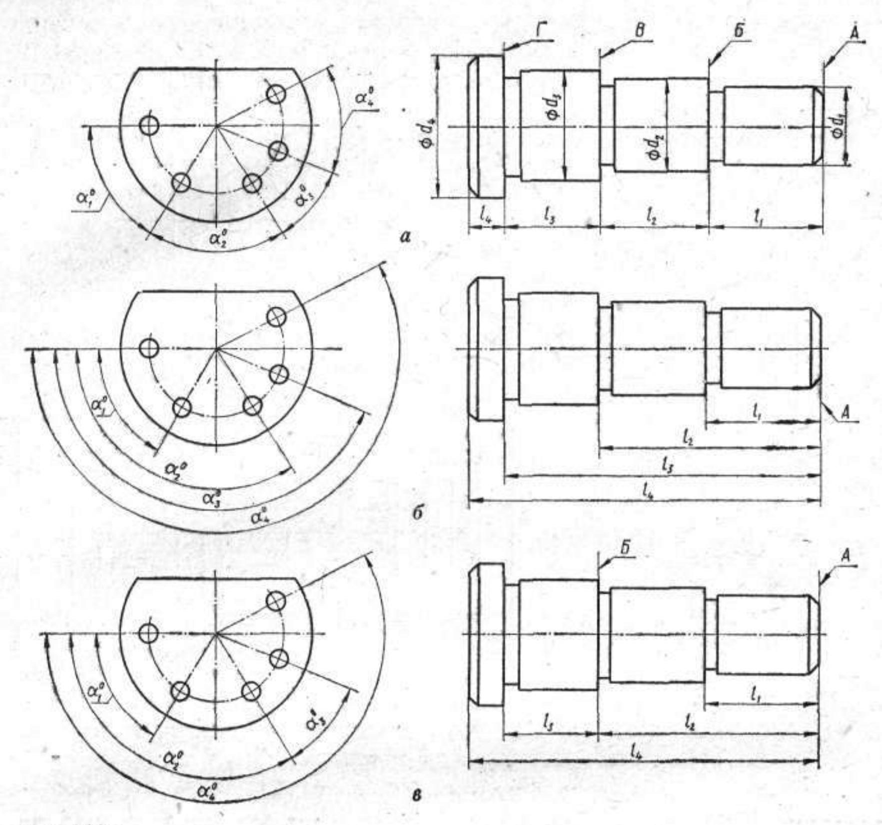


Рис. 268

d_5. Другую сторону детали растачивают внутри по диаметру d_8 на длину n_2. Размер n_2 ориентирован относительно вспомогательной базы $Г$. Последней операцией уточняют общую длину детали l и растачивают фаски $c \times 45°$.

Обратите внимание на то, что размеры, относящиеся к внешней поверхности детали, вынесены вниз, а относящиеся к внутренним поверхностям — вверх от изображения. Нанесение размеров целиком соответствует технологии изготовления детали и позволяет легко их проконтролировать.

Применяют три способа нанесения размеров на чертежах: цепной, координатный и комбинированный.

При *цепном способе* размеры проставляют последовательно — цепью (рис. 268, *а*). В этом случае каждая ступень обрабатывается самостоятельно, т. е. вначале обрабатывают ступень диаметром d_1 на длину l_1 от базы $А$, затем — ступень диаметром d_2 на длину l_2 от базы $Б$ и т. д. При этом способе цепочка размеров не должна быть замкнутой, т. е. если на чертеже нанесен габаритный размер валика, то один из пооперационных размеров следует опустить, так как иначе нельзя будет выдержать требуемую точность изготовления разме-

ров. Цепной способ употребляют при нанесении размеров на межцентровые расстояния, для ступенчатых деталей, если нужно выдержать размер каждой ступени, при обработке детали комплектом режущего инструмента и т. п.

При *координатном способе* размеры наносят от базы (рис. 268, *б*). Каждый размер в этом случае является некоторой координатой, определяющей расстояние элемента детали от базы. Положительная черта этого способа состоит в том, что точность исполнения любого размера зависит лишь от технологии изготовления и совершенно не зависит от исполнения других размеров детали. Этот способ наиболее распространен в конструкторской практике.

Комбинированный способ нанесения размеров сочетает особенности цепного и координатного способов. На рис. 268, *в* показан пример комбинированного способа нанесения размеров.

20.6. Нанесение размеров на чертежах (ГОСТ 2.307—68)

В разделе «Геометрическое черчение» были рассмотрены лишь основные правила нанесения размеров. Рассмотрим ряд дополнительных положений, касающихся, главным образом, машиностроительного черчения:

1. Количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

2. Линейные размеры и их предельные отклонения указывают на чертежах в миллиметрах без обозначения единицы измерения. В технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа единица измерения (*мм*) указывается обязательно.

3. Размерные числа на чертеже указывают натуральные размеры предмета независимо от выбранного масштаба.

4. Размерные линии должны быть перпендикулярны к выносным. В случаях, изображенных на рис. 269, *а*, т. е. при уклонах и конусности незначительной величины, размерные и выносные линии проводят так, чтобы вместе с измеряемым отрезком они образовывали параллелограмм.

5. В местах плавного скругления детали выносную линию проводят от точек пересечения сторон скругляемого угла (рис. 269, *б*, *в*) или от центра дуги скругления.

6. При указании размеров криволинейного контура как исключение допускается использовать выносные линии в качестве размерных (рис. 269, *г*, *д*).

7. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (канавке, отверстию и т. п.), рекомендуется группировать и располагать в одном месте на том изображении, где форма данного элемента раскрывается наиболее полно (рис. 269, *е*).

8. Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, как правило, проставляют от конструктивных баз с учетом возможности выполнения и контроля этих размеров.

9. При расположении одинаковых элементов предмета (отверстий, зубьев и т. п.) на одной окружности или на одной оси, рекомендуется

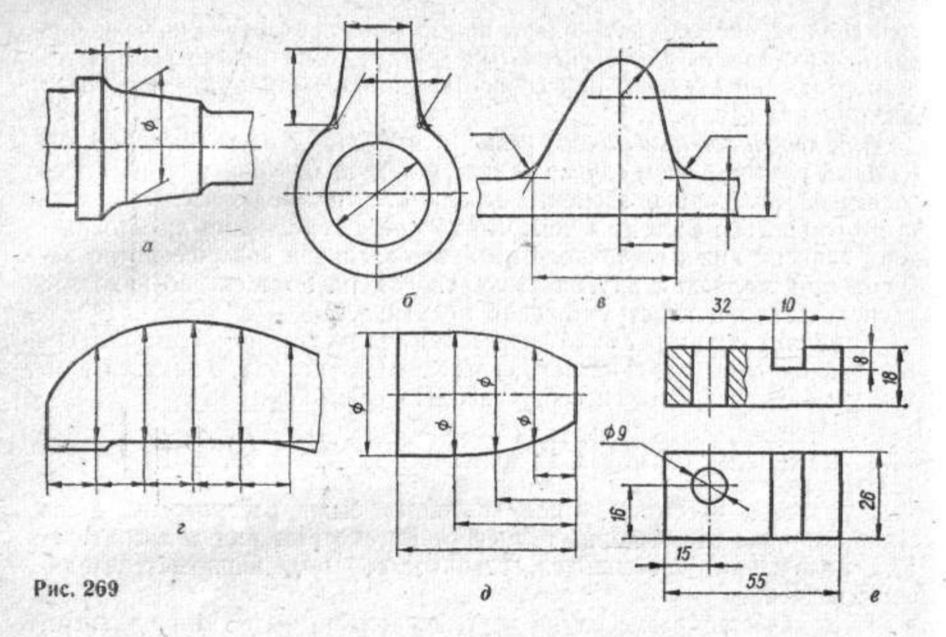


Рис. 269

размеры, определяющие взаимное расположение этих элементов, наносить следующими способами:

а) от одной общей базы, которой служит поверхность детали (рис. 270, *а*) или ее ось (рис. 270, *б*);

б) от двух или большего числа общих баз (рис. 270, *в*);

в) заданием размеров последовательно — цепочкой (рис. 270, *г*). В последнем способе цепочка размеров не должна быть замкнутой, за исключением случая, когда один из размеров указан как справочный (см. рис. 274, *а*, *б*).

10. Одинаковые элементы, например отверстия, пазы и т. п., могут быть расположены на детали равномерно или неравномерно. Рассмотрим приемы нанесения размеров для различных случаев:

а) если одинаковые элементы, например отверстия, равномерно расположены по окружности, то указывают их общее количество и размер одного отверстия (рис. 271, *а*);

б) если одинаковые отверстия расположены не по осям симметрии, то положение их центров координируют угловыми размерами относительно осей основной окружности (рис. 271, *б*);

в) если расстояния между центрами равномерно расположенных отверстий нужно выдержать строго, то наносят значение одного из углов с предельными отклонениями (рис. 271, *в*);

г) если равномерно расположенные отверстия занимают лишь часть окружности (рис. 271, *г*), то рекомендуется нанести размер между соседними элементами и размер между крайними с записью на первом месте количества промежутков между элементами, а на втором — размера промежутка. Аналогично указывают размеры при расположении одинаковых элементов по прямой (рис. 271, *д*);

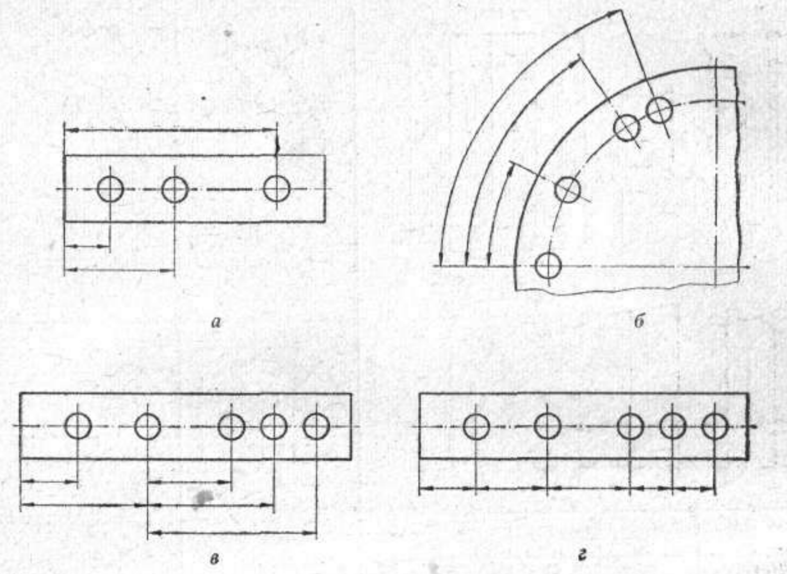


Рис. 270

12 отв.Ф10
а

42°
4 отв. Ф12
Ф48
б

12 отв. Ф10
30°±15'
Ф42
в

5 отв. ф10
60°
Ф45
4×60°=240°
г

11 отв. Ф10
15
8
10×15=150
166
д

86
0 15 35 58 70 80
е

75°
102°
60°
45°
30°
0
ж

Рис. 271

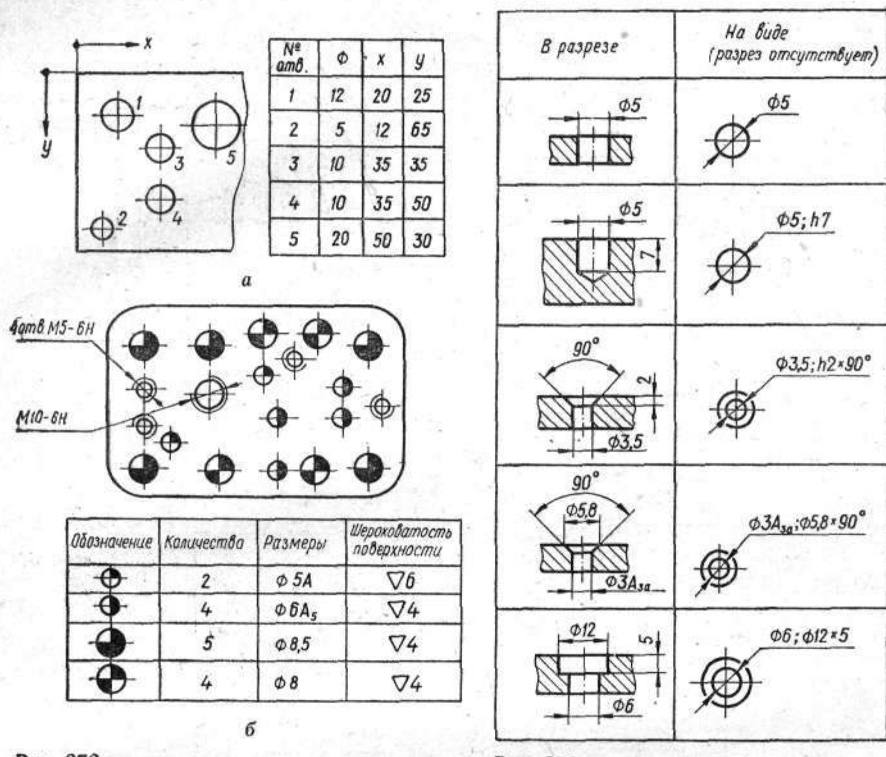


Рис. 272 **Рис. 273**

д) вместо нескольких размерных линий, определяющих расположение элементов изделия, например отверстий, от общей базы проводят одну общую размерную линию с отметкой «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов (рис. 271, *е*, *ж*);

е) если разные по размерам, но однотипные по форме элементы расположены неравномерно на поверхности детали, допускается координатный способ нанесения размеров с указанием размерных чисел в сводной таблице (рис. 272, *а*);

ж) при наличии нескольких групп близких по размерам отверстий рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним и тем же условным знаком (рис. 272, *б*). На рисунке изображена плита, имеющая 6 групп отверстий разных размеров. Каждая из групп, кроме резьбовых отверстий, отмечена особым знаком, и необходимые данные сведены в одну таблицу;

з) на рис. 273 показано, как проставлять размеры отверстий в случае, когда они изображены в разрезе или на виде, если разрез отсутствует.

11. Размеры, которые приведены для большего удобства пользования чертежом и которые не подлежат исполнению, называются справочными и отмечаются на чертеже знаком «*»; в технических требованиях записывают: «*Размеры для справок».

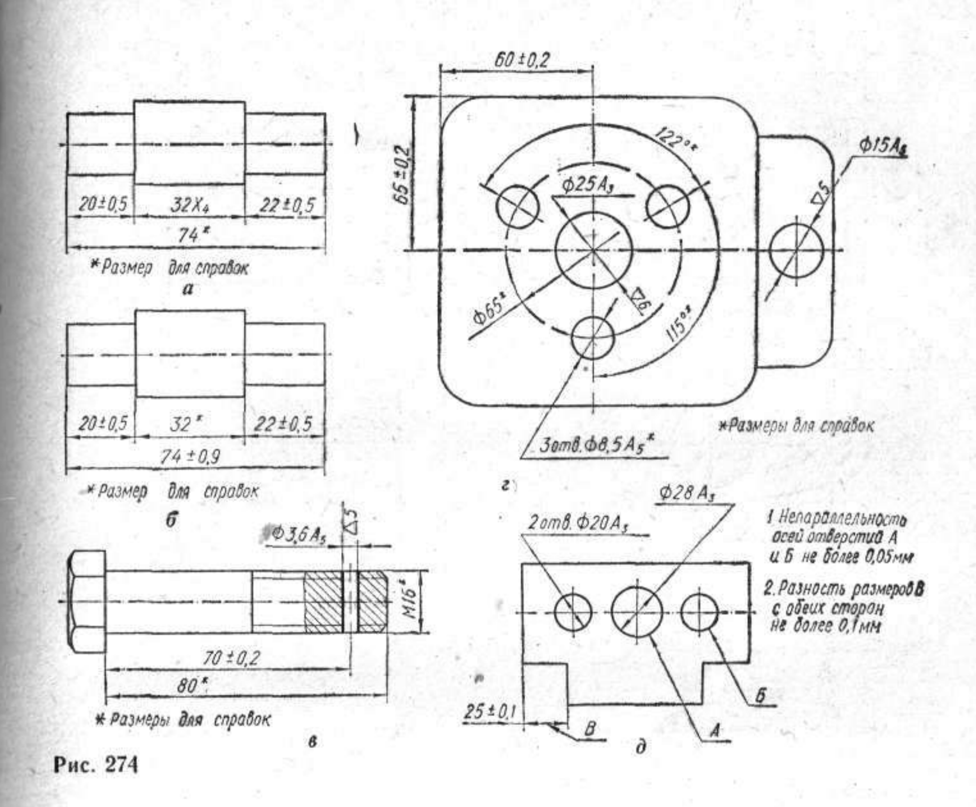


Рис. 274

К справочным относят следующие размеры:

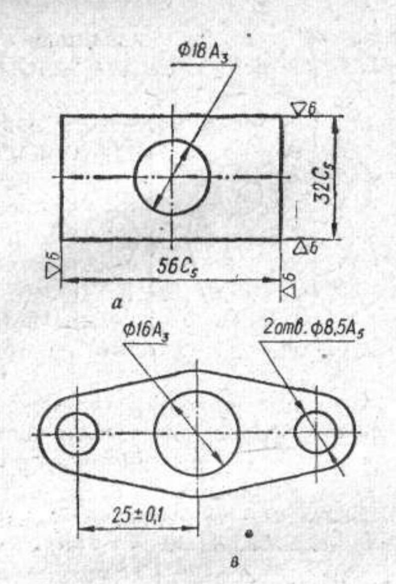
а) один из размеров замкнутой размерной цепи, например размеры 74 и 32 на рис. 274, *а*, *б*;

б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок. Например, для изготовления отверстия на рис. 274, *в* исполнительными служат размеры ∅ 3,6 A_5 и 70 ± 0,2, а размеры диаметра резьбы М16 и длины винта (80 *мм*) являются справочными;

в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали или вместе с ней. На рис. 274, *г* три отверстия ∅ 8,5A_5 необходимо обработать совместно с сопряженной деталью — корпусом, поэтому справочными будут размеры диаметра отверстий, диаметра центровой окружности (∅ 65) и углы 115 и 122°, определяющие положение этих отверстий.

12. Не разрешается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в основной надписи, технических требованиях и спецификации. Если в технических требованиях нужно сделать ссылку на размер, нанесенный на изображении, то этот размер или элемент детали обозначают буквой, а в технических требованиях делают запись по примеру рис. 274, *д*.

13. Если симметричная деталь имеет симметрично расположенные одинаковые элементы, например отверстия, то рекомендуется ставить



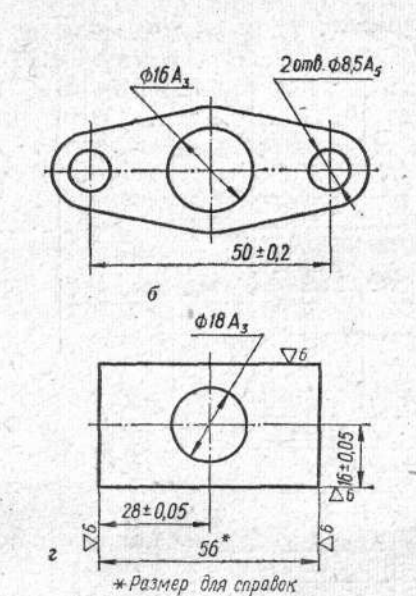


Рис. 275

*Размеры для справок

Рис. 276

размеры так, как показано на рис. 275, *а, б*. Указанный на рис. 275, *в, г* способ нанесения размеров рекомендуется для изделий индивидуального производства.

14. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят только один раз без указания их количества, группируя все размеры в одном месте (рис. 276, *а*).

15. Предельные отклонения указывают, как правило, для всех размеров, наносимых на рабочем чертеже детали. Не указывать предельные отклонения допускается на размеры, определяющие зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, насечки, накатки и т. п., а также на размеры деталей индивидуального производства, задаваемые с припуском на пригонку.

16. Многие детали изготовляют литьем, штамповкой, прокаткой, прессованием с последующей механической обработкой только части их поверхностей, главным образом, сопряженных. При нанесении размеров для этих деталей исходят из таких соображений:

а) взаимное положение необрабатываемых поверхностей указывают размерами, которые связывают эти поверхности между собою;

б) механически обработанные поверхности и необрабатываемые связывают между собой не более чем одним размером по каждому координатному направлению, т. е. по длине, высоте и глубине. На рис. 276, *б* таким связывающим размером является 24 *мм*, а на рис. 276, *в* — в одном направлении размер 10 *мм*, а в другом — 58 *мм*.

20.7. Измерительный инструмент и приемы измерения деталей

Для обмера деталей при выполнении эскизов употребляют различные инструменты: стальные масштабные линейки для измерения линейных размеров (рис. 277, *а*), кронциркуль и нутромер (рис. 277, *б*) для измерения внешних и внутренних диаметров. Точность измерения этими инструментами составляет 0,2—0,6 *мм*. Бóльшей точности измерения можно достигнуть при помощи штангенциркуля (рис. 277, *в*) и микрометра. Радиусомерами измеряют внешние и внутренние скругления на детали. С помощью резьбомеров (рис. 277, *г*) измеряют шаг резьбы; на пластинках резьбомера указаны значения шагов и характер резьбы (метрическая, трубная и др.).

Малые пазы и зазоры между поверхностями измеряют при помощи щупов. Щупы — это набор пластинок, толщина которых отличается от соседних по размеру на десятые и сотые доли миллиметра. В условиях серийного производства широко используют предельные скобы и калибры, позволяющие производить измерение с высокой степенью точности (рис. 277, *д, е*).

Рассмотрим несколько способов измерения деталей и их элементов:

1. На рис. 278, *а* показано, как с помощью стальной линейки измеряют линейные размеры предмета.

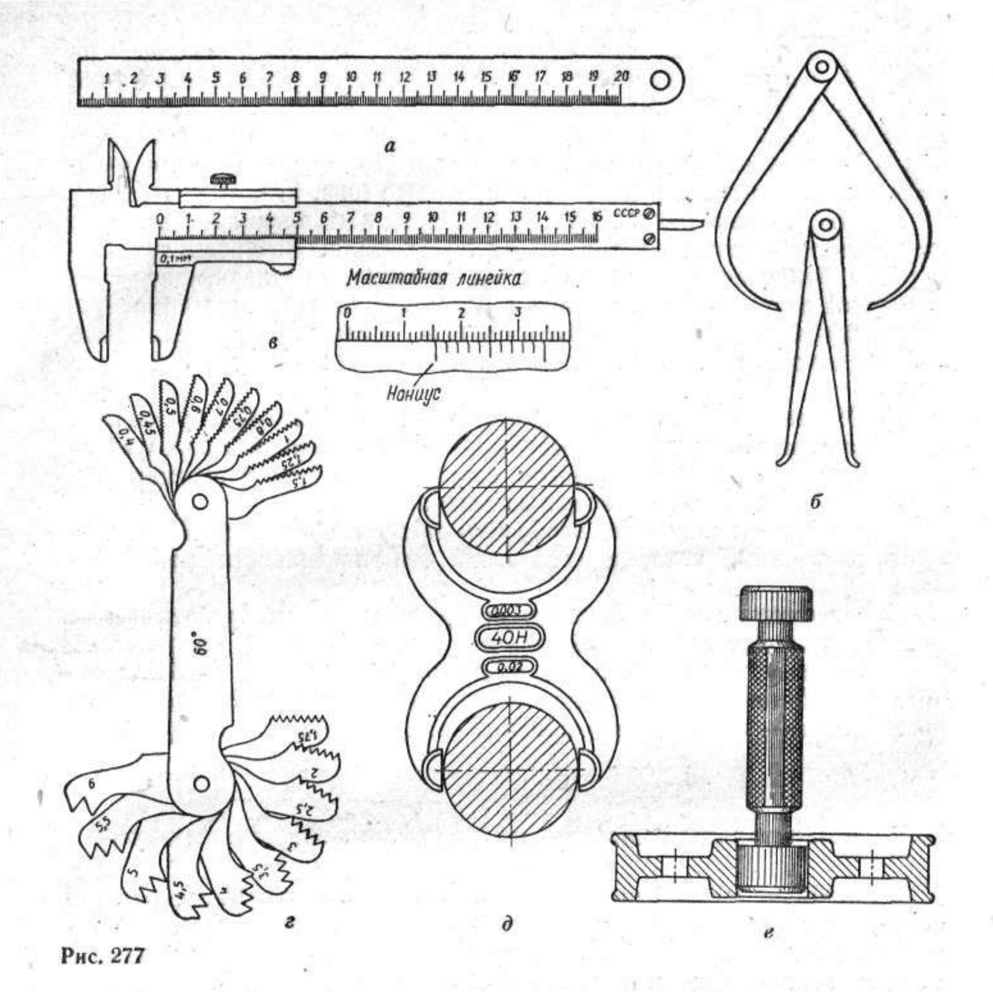


Рис. 277

2. Внешние и внутренние диаметры тел вращения и толщину стенок измеряют кронциркулем и нутромером (рис. 278, *а*, *б*). На рис. 278, *б* показано, как измерить толщину стенки при наличии внутреннего буртика на детали: в этом случае ножки кронциркуля устанавливают с запасом *b*, величину которого определяют по стальной линейке. Вынув кронциркуль, измеряют величину отрезка *с* и по разности *с* и *b* находят значение толщины стенки *а*.

3. Высоту центра отверстия (рис. 278, *б*) можно определить по формуле $h = h_з + \frac{D}{2}$, найдя предварительно значения D и $h_з$.

4. На рис. 278, *в* показано, как определить расстояние между центрами одинаковых отверстий.

5. Величину шага резьбы измеряют резьбомером (рис. 279, *а*). Если резьбомера нет, делают отпечаток резьбы на бумаге (рис. 279, *б*), измеряют на отпечатке некоторую длину *l*, подсчитывают число шагов,

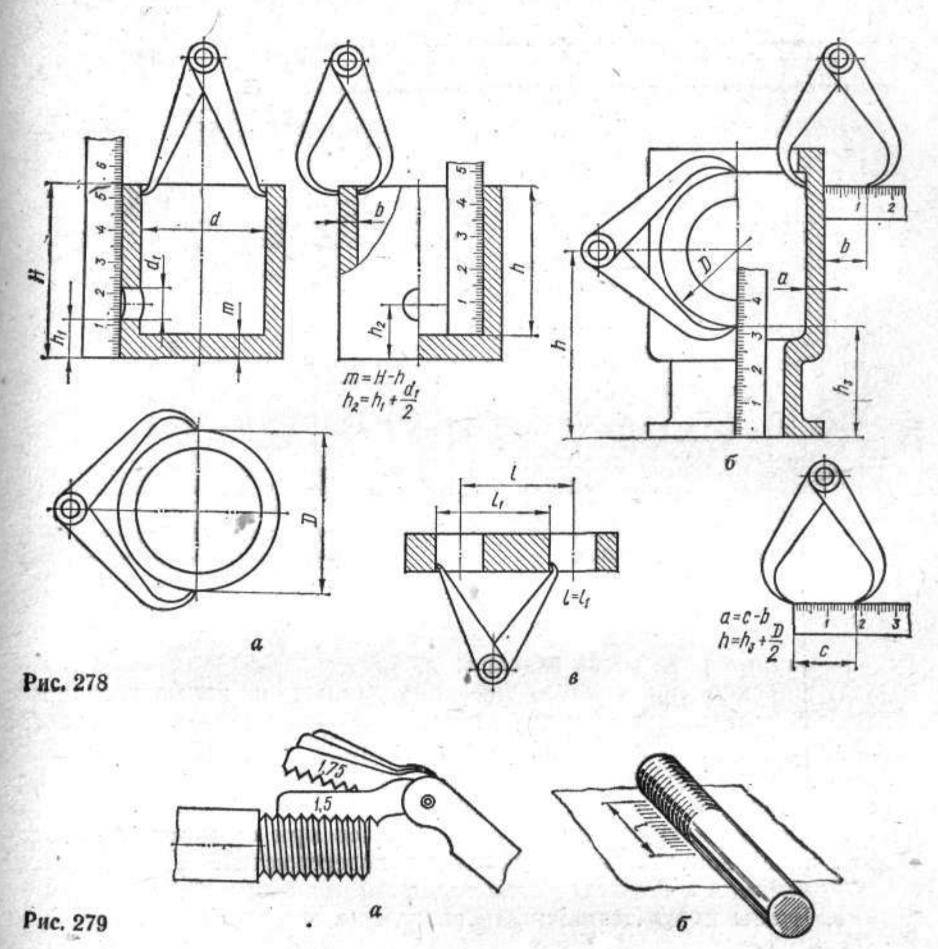


Рис. 278

Рис. 279

приходящееся на эту длину, и делением величины l на число шагов получают размер шага резьбы. Найденное значение уточняют по таблице стандарта.

20.8. Технологические особенности конструирования деталей машин

При конструировании изделий учитывают факторы, характеризующие технологичность деталей и процесса их обработки. К таким факторам относятся:

а) оптимальность форм поверхностей изделия, обеспечивающая изготовление заготовок с наименьшими припусками и проведение обработки наиболее производительными технологическими приемами;

б) минимальный объем механической обработки изделия;

в) достаточная жесткость конструкции, позволяющая применять скоростные режимы обработки;

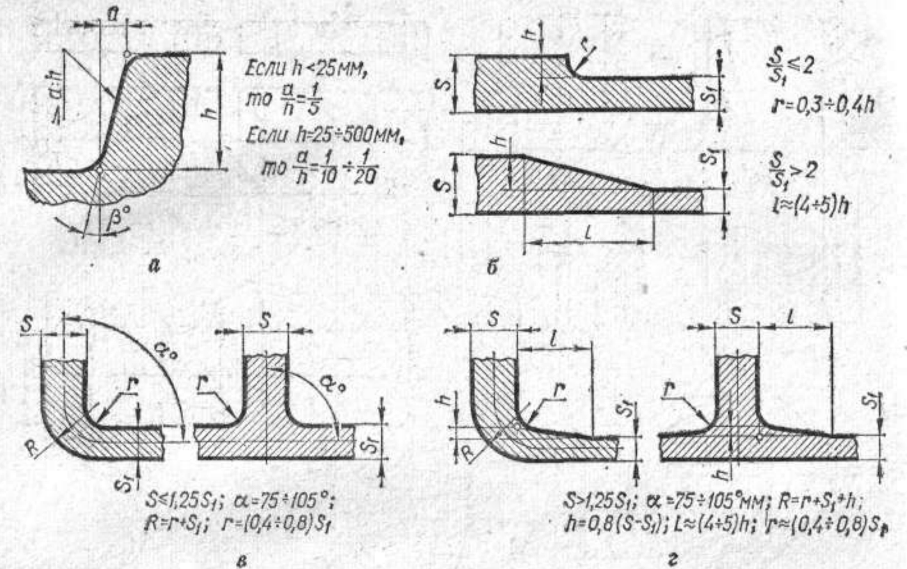


Рис. 280

г) минимальная масса изделия;

д) широкое применение унифицированных и нормализованных деталей и отдельных конструктивных элементов изделия (проточек, радиусов скруглений, резьб, модулей и др.);

е) уменьшение номенклатуры и количества употребляемых марок материалов и профилей проката;

ж) взаимозаменяемость деталей и узлов при оптимальных значениях полей допусков и шероховатости поверхностей.

Требования к деталям, изготовляемым литьем:

1. Чтобы иметь возможность вынуть модель из формы, нужно ее рабочим поверхностям (стенкам, ребрам и т. п.) придать необходимые формовочные уклоны. Величина этих уклонов зависит от высоты или длины расчетного элемента отливки. По ГОСТ 3212—57 значения угла β (рис. 280, *а*) принимают в зависимости от величины h: при $h = 20 \div 50$ *мм* $\beta = 3 \div 2°$, а при $h = 50 \div 800$ *мм* $\beta = 1 \div 0° 30'$.

В крупногабаритных деталях конструктивные уклоны (рис. 280, *а*) предпочитают предусматривать значительно больше формовочных. Конструктивные уклоны на чертеже указывают, а формовочные — не изображают и не указывают, ограничиваясь соответствующей записью в технических требованиях (см. рис. 300).

2. Для того чтобы деталь не имела внутренних напряжений и литейных дефектов, нужно осуществлять плавный переход от одной толщины стенки к другой. На рис. 280, *в*, *г* даны значения радиусов скруглений внешних и внутренних углов и показано конструирование переходов для деталей из чугуна, стали и сплавов при отношении толщин стенок S/S_1 менее и более 1,25.

3. На рис. 280, *б* приведены нормы, по которым выполняют пере-

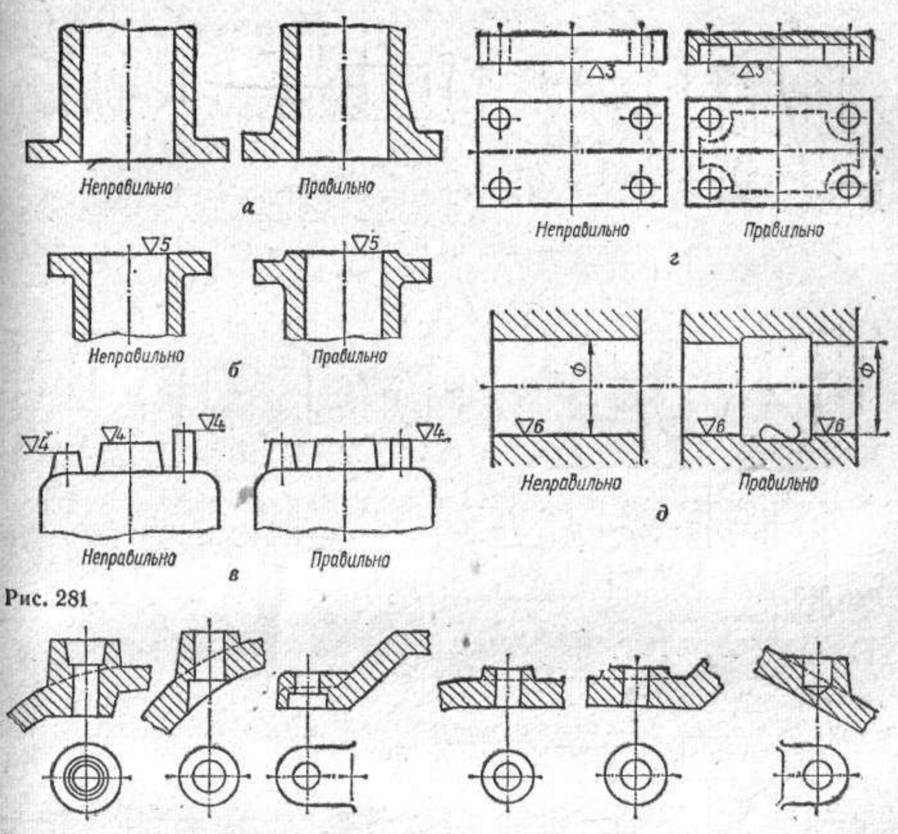


Рис. 281

Рис. 282

ход от стенки одной толщины к стенке другой толщины. Если отношение $S/S_1 \leqslant 2$, переход осуществляют с помощью скруглений (галтелей), а при $S/S_1 > 2$ выполняют плавный клиновидный переход.

4. Опорные бурты (фланцы) делают большей толщины, чем толщина основной части детали. В этом случае нужно предусмотреть плавный переход от стенки к фланцу (рис. 281, *а*).

5. Обрабатываемые поверхности следует несколько приподнимать над необрабатываемыми. Это обеспечивает свободный выход режущему инструменту и уменьшает величину площади механической обработки поверхности (рис. 281, *б*).

6. Если деталь имеет несколько обрабатываемых поверхностей, то рекомендуется располагать их на одном уровне; это ускоряет изготовление и не требует переналадки инструмента (рис. 281, *в*).

7. На рис. 281, *г* изображена плита-основание изделия, которая своей посадочной плоскостью устанавливается на другую деталь. Рекомендуется привалочную плоскость не делать сплошной, что уменьшает площадь обработки и улучшает контакт деталей. По этим же причинам среднюю часть отверстия (рис. 281, *д*) выполняют по

Неправильно Правильно

а

Неправильно Правильно

б

Радиусы скруглений и фаски (ГОСТ 10948-64)

c×45° r

в

Радиусы скруглений сопряженных валов и втулок

Вал D Втулка r r_1

$r \approx (0{,}04 \div 0{,}05)D$; $r_1 \approx (0{,}06 \div 0{,}07)D$

г

Рис. 283

Накатка прямая 0,6 ОСТ 26016

Накатка сетчатая 0,8 ОСТ 26017

а

Неправильно Правильно

Шлифовальный круг

б

Неправильно Правильно

в

Рис. 284

диаметру несколько большей, чем диаметры концевых, рабочих частей изделия, где происходит сопряжение вала с отверстием.

8. Поверхности, в которых сверлят отверстия, конструируют со специальными приливами (бобышками, платиками), торцовые плоскости которых должны быть перпендикулярны к оси отверстия. Это обеспечивает правильный вход и выход режущего инструмента (рис. 282).

Требования к деталям с механической обработкой поверхностей:

1. В местах перехода от одного диаметра вала к другому выполняют скругления — галтели (рис. 283, *а*, *в*). Наличие скруглений увеличивает прочность детали. Величина галтели зависит от характера поверхности (свободная или сопряженная) и вида соединения (подвижное или неподвижное). По ГОСТ 10948—64 размеры радиусов скруглений берут из 2-х рядов:

1-й ряд — 0,10; 0,40; 0,60; 1,0; 1,6; 2,5; 3,0; 6,0; 10; 16; 25 *мм* и др.

2-й ряд — 0,20; 0,30; 0,50; 0,80; 1,2; 2,0; 3,0; 5,0; 8,0 *мм* и др.

На рис. 283, *г* даны примерные соотношения для расчета радиусов скруглений сопряженных валов и втулок.

2. Для удобства сборки изделия на концах деталей выполняют фаски (рис. 283, *б*, *в*), значения которых берут из тех же рядов, что и скругления (ГОСТ 10948—64).

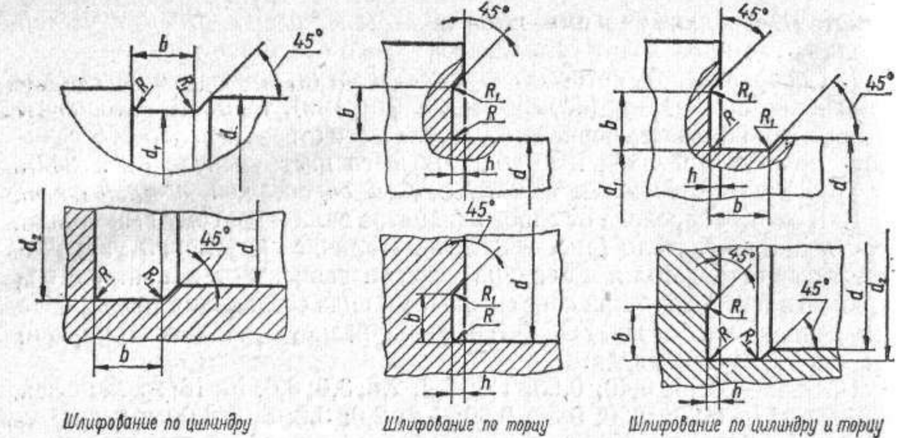
3. На внешние поверхности рукояток, головок, круглых гаек и других деталей, завинчиваемых вручную, наносят накатку. Накатка бывает прямой, косой и сетчатой с наклоном 30° к образующей цилиндра. Угол профиля накатки зависит от материала детали и берется в пределах 60—90°, а шаг накатки — 0,5—1,6 *мм*. Примеры условного обозначения накатки приведены на рис. 284, *а*.

4. Детали, имеющие высокий класс чистоты поверхности, как правило, шлифуют. В этих случаях нужно предусмотреть специальные канавки для выхода шлифовального круга. Деталь, изображенную слева на рис. 284, *б*, отшлифовать до конца ступени нельзя, так как шлифовальный круг упрется в торцовую плоскость следующей ступени вала. Размеры канавок для выхода шлифовального круга при плоском и круглом шлифовании предусматривает ГОСТ 8820—69. На рис. 285 приведены изображения канавок и даны рекомендации к их выполнению.

5. Если конструкция детали не предусматривает свободный выход режущего инструмента, то переходная часть ее по своей форме и размерам должна соответствовать форме и размерам данного инструмента. На рис. 284, *в* показано правильное изображение шпоночной канавки, выполняемой круглой фрезой.

6. Для установки детали в центрах токарного станка или приспособления (при ее обработке или измерении) выполняют центровые отверстия, размеры и условное обозначение которых берут по ГОСТ 14034—68 (см. с. 256).

7. При нарезании резьбы на участке ее конца резец постепенно выходит из металла и образует витки неполного профиля, так как глубина резьбы уменьшается. Эту часть называют сбегом резьбы. Кроме того, практически невозможно нарезать резьбу до конца ступени вплотную к торцовой плоскости следующей ступени (рис. 286, *а*).



Если $d = 10 \div 50$ мм, то $b = 3$ мм; $d_1 = d - 0{,}5$ мм; $d_2 = d + 0{,}5$ мм; $h = 0{,}25$ мм; $R = 1$ мм; $R_1 = 0{,}5$ мм

Если $d = 50 \div 100$ мм, то $b = 5$ мм; $d = d - 1$ мм; $d_2 = d + 1$ мм; $h = 0{,}5$ мм; $R = 1{,}5$ мм; $R_1 = 0{,}5$ мм

Рис. 285

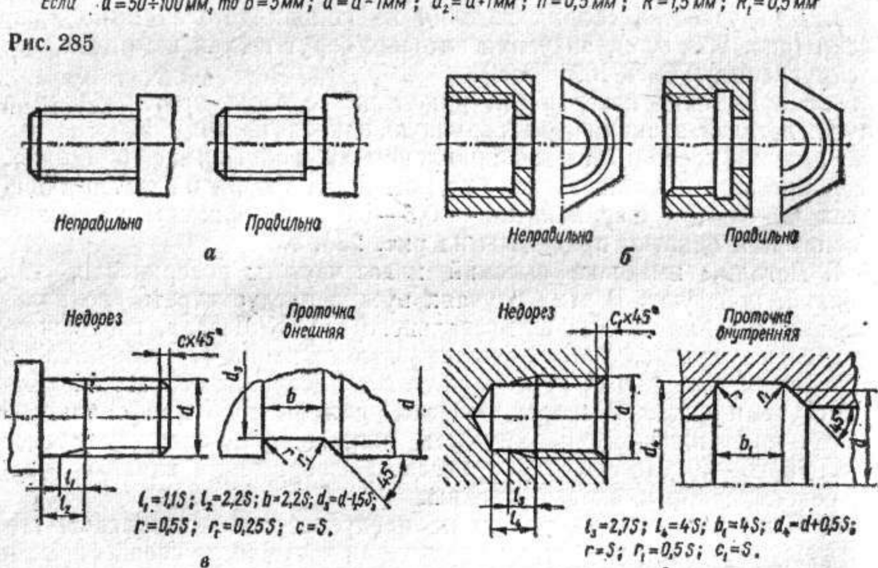


Рис. 286

Аналогичное положение имеем и при нарезании внутренней резьбы в отверстии детали (рис. 286, *б*).

Чтобы избежать сбега резьбы, нарезание ее начинают с выполнения кольцевых канавок-проточек, предназначенных для выхода резца. Проточки бывают внешние и внутренние (рис. 286, *а*, *б*). Диаметр внешней проточки должен быть меньше диаметра впадин резьбы, а диаметр внутренней — больше диаметра вершин резьбы.

Размеры сбега, недореза, форма и размеры проточек для резьбы различного типа установлены в ГОСТ 10549—63. На рис. 286, *в*, *г* приведены соотношения для упрощенного вычерчивания этих элементов.

20.9. Шероховатость поверхности

Поверхность детали после обработки не бывает идеально гладкой, так как режущие кромки инструмента и зерна шлифовальных кругов оставляют на ней следы в форме неровностей и гребешков.

Под шероховатостью поверхности подразумевают числовую характеристику величины микронеровностей реальной поверхности, определяющую ее отклонение от идеально гладкой поверхности.

Для оценки шероховатости поверхности ГОСТ 2789—59 (с 1 января 1975 г. вводится в действие ГОСТ 2789—73) устанавливает два критерия: R_a — *среднее арифметическое отклонение профиля* — и R_z — *высоту неровностей*. Длина l участка поверхности, выбираемая для измерения шероховатости, называется *базовой длиной*.

Стандарт устанавливает 14 классов чистоты поверхности, отличающихся значением шероховатости. Чем выше класс чистоты, тем меньше значения R_a и R_z. Для более детальной характеристики степени шероховатости поверхности классы 6—14 дополнительно разделяют на разряды, обозначаемые буквами «*а*», «*б*» и «*в*». В табл. 10 приведены значения R_a, R_z и l для различных классов чистоты поверхности, в табл. 11 указана примерная связь между шероховатостью поверхности и способами обработки деталей, а в табл. 12 — классы чистоты для типовых поверхностей.

По ГОСТ 2.309—68 (с 1 января 1975 г. вводится в действие ГОСТ 2.309—73) шероховатость поверхности на чертежах обозначают следующими знаками (рис. 287):

а) знаком равностороннего треугольника ▽, рядом с которым указывают класс (класс и разряд) чистоты поверхности по ГОСТ 2789—59. Вершину треугольника обращают к обрабатываемой поверхности. Класс и разряд записывают с правой стороны треугольника по направлению чтения чертежа;

б) знаком √ с указанием высоты неровностей R_z, *мкм*, например $\overset{500}{\surd}$, если шероховатость поверхности грубее 1-го класса чистоты. Для указания дополнительных данных применяют знак $\surd\overline{\ }$;

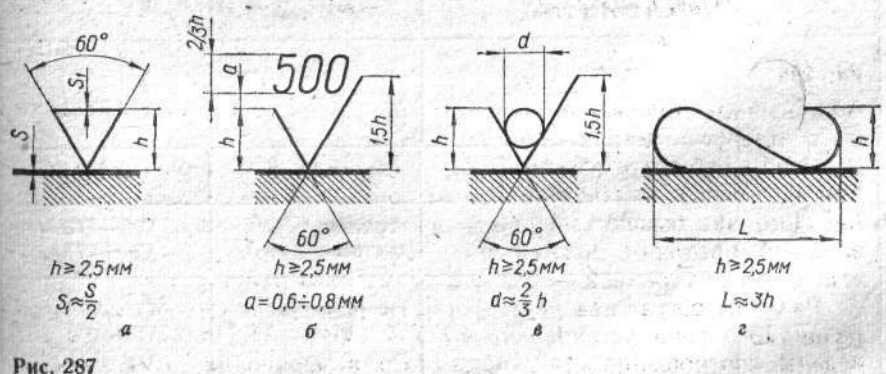


Рис. 287

Таблица 10

Величины R_a, R_z и l (по ГОСТ 2789—59), соответствующие классам чистоты

Класс чистоты поверхности	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Среднее арифметическое отклонение профиля R_a, *мкм* (не более)	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
Высота неровностей R_z, *мкм* (не более)	320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
Базовая длина l, *мм*	8	8	8	2,5	2,5	0,8	0,8	0,8	0,25	0,25	0,25	0,25	0,08	0,08

Таблица 11

Классы чистоты поверхности при различных методах обработки стали

Обрабатываемые поверхности	Метод обработки		Классы чистоты
Наружные цилиндрические	Обтачивание	предварительное чистовое тонкое	∇1 — ∇4 ∇3 — ∇7 ∇7 — ∇9
	Шлифование	предварительное чистовое тонкое	∇6—∇7 ∇8—∇9 ∇9—∇10
	Притирка	грубая средняя тонкая	∇8—∇9 ∇9—∇10 ∇10—∇13
	Отделка абразивным полотном	—	∇8—∇11
	Обкатывание роликом	—	∇9—∇11
	Шлифование-отделка (суперфиниширование)	—	∇10—∇13
Внутренние цилиндрические	Растачивание	предварительное чистовое тонкое	∇1—∇4 ∇4—∇7 ∇7—∇9
	Сверление	—	∇3—∇5
	Зенкерование	черновое чистовое	∇3—∇5 ∇4—∇7
	Развертывание	нормальное точное тонкое	∇7—∇8 ∇8—∇9 ∇9—∇10

Обрабатываемые поверхности	Метод обработки		Классы чистоты
Внутренние цилиндрические	Протягивание	—	▽6—▽9
	Внутреннее шлифование	предварительное чистовое	▽7—▽8 ▽8—▽10
	Калибрование шариком	—	▽9—▽11
	Притирка	грубая средняя тонкая	▽8—▽9 ▽9—▽10 ▽10—▽12
	Шлифование-притирка (хонингование)	нормальное зеркальное	▽8—▽10 ▽10—▽12
Плоскости	Строгание	предварительное чистовое тонкое	▽1—▽4 ▽3—▽7 ▽7—▽8
	Цилиндрическое фрезерование	предварительное чистовое тонкое	▽2—▽5 ▽5—▽7 ▽6—▽8
	Торцовое фрезерование	предварительное чистовое тонкое	▽2—▽5 ▽5—▽7 ▽7—▽8
	Торцовое точение	предварительное чистовое тонкое	▽1—▽4 ▽3—▽7 ▽7—▽9
	Плоское шлифование	предварительное чистовое	▽6—△7 ▽8—△9
	Притирка	грубая средняя тонкая	▽8—▽9 ▽9—▽10 ▽10—▽13
Цилиндрические поверхности и плоскости	Слесарная опиловка	—	▽3—▽6
	Нарезание наружной резьбы	плашками резцом, гребенкой накатыванием шлифованием	▽5—▽6 ▽5—▽8 ▽7—▽9 ▽8—▽10
	Нарезание внутренней резьбы	метчиком резцом	▽4—▽6 ▽5—▽8

Обрабатываемые поверхности	Метод обработки		Классы чистоты
Цилиндрические поверхности и плоскости	Обработка зубьев	фрезерованием шлифованием	∇5—∇7 ∇7—∇10
	Литье в землю	—	∇1
	Литье кокильное	—	∇3—∇5
	Литье под давлением	—	∇4—∇7
Поверхности произвольной формы	Штамповка горячая	—	∇1—∇4
	Ковка открытая	—	∇1—∇2
	Прессование пластмасс	—	∇8—∇12

Таблица 12

Классы чистоты для типовых поверхностей

Классы чистоты	Типовые поверхности и детали
∇1—∇2	Нерабочие контуры деталей
∇2—∇3	Отверстия на проход винтов, выточки, проточки Основания станин, стоек, кронштейнов, поддонов Нерабочие торцы валов, втулок, венчиков, планок и т. п. Нерабочие поверхности валов, стержни болтов, винтов Шейки валов 5-го класса точности и отверстий 4—5-го класса для крупных диаметров
∇3—∇4	Нерабочие поверхности осей, валов Нерабочие торцы зубчатых колес, торцы более ответственных валов, втулок, венчиков, планок Нерабочие поверхности отверстий для шпинделей, балансируемых деталей и т. п. Шейки валов 4 и 5-го классов точности средних диаметров Отверстия 3-го класса больших диаметров и 4—5-го класса средних диаметров
∇4—∇5	Поверхности гаек ходовых винтов 1-го класса точности Несоприкасающиеся поверхности зубчатых колес Направляющие типа «ласточкин хвост». Опорные плоскости реек Поверхности фланцев

Классы чистоты	Типовые поверхности и детали
▽4—▽5	Крепежная резьба нормальной точности Нерабочие поверхности деталей для приборов Нерабочие поверхности деталей, подвергающихся покрытию
▽5—▽6	Шейки валов 2 и 3-го классов точности Отверстия 2—3-го классов точности Цилиндры, работающие с манжетами Посадочные поверхности отверстий и валов под неподвижные посадки Отверстия подшипников скольжения Трущиеся поверхности малонагруженных деталей Декоративные нерабочие поверхности валов
▽6—▽7	Шейки валов 1 и 2-го классов точности Отверстия 1 и 2-го классов точности для малых диаметров Валы и отверстия в регулируемых соединениях Трущиеся поверхности нагруженных деталей Сопряженные поверхности бронзовых зубчатых колес Рабочие шейки распределительных валов Штоки и шейки валов в уплотнениях
▽7—▽8	Рукоятки, ободы маховиков, штурвалы, ручки, стержни, кнопки (полированные) Вкладыши подшипников скольжения Поверхности кулачков и копиров Поверхности валов и отверстий в шарикоподшипниках
▽8—▽9	Цилиндры, работающие с поршневыми кольцами Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях Трущиеся поверхности сильно нагруженных деталей Поверхности органов управления и др.

в) знаком ∀́, если по технологическим или конструктивным соображениям регламентировать шероховатость данной поверхности нецелесообразно;

г) знаком ∾ для поверхностей, не выполняемых по данному чертежу, т. е. сохраняемых в состоянии поставки и не подвергаемых дополнительной обработке.

На рис. 287 указаны размеры, по которым выполняют знаки шероховатости поверхности. Высота h знаков должна быть приблизительно равна высоте цифр размерных чисел на том же чертеже. Толщина линий знаков приблизительно равна половине толщины основной линии. Цифры и буквы, указывающие класс и разряд чистоты, должны быть одинаковой высоты со знаком треугольника (рис. 288, *а*, *в*, *г*). Размеры и толщина линий знаков, вынесенных в правый верхний угол чертежа, приблизительно в 1,5 раза больше знаков, нанесенных на изображении. Размеры знака в правом верхнем

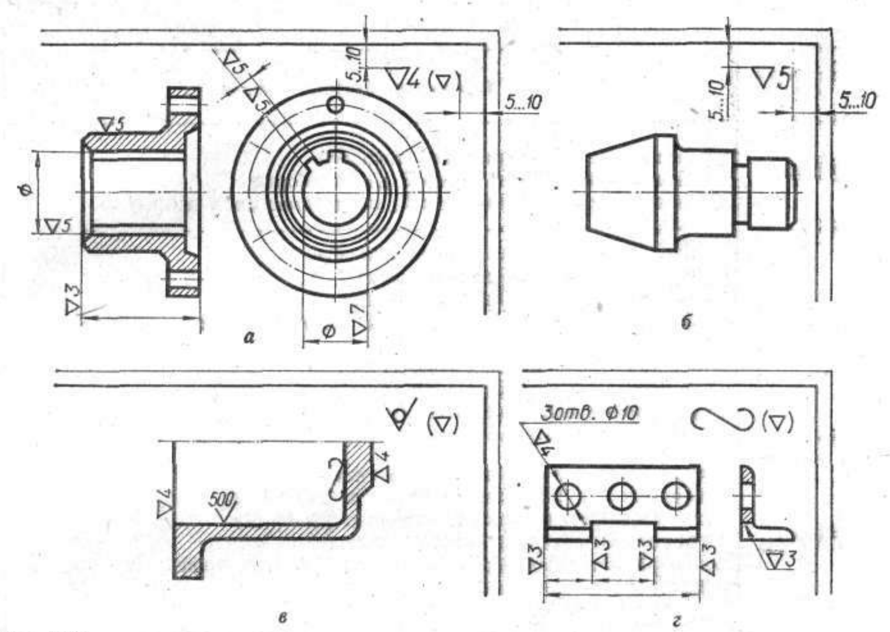


Рис. 288

углу, взятого в скобки, должны быть такие же, как и знаков на самом изображении.

Рассмотрим основные правила нанесения обозначения шероховатости поверхности на чертежах:

1. Обозначение шероховатости наносят на линиях видимого контура, выносных и на полках линий-выносок. Если места недостаточно, допускается располагать знаки шероховатости на размерных линиях или разрывать выносные линии. Знаки следует наносить по возможности ближе к размерной линии. На линиях невидимого контура наносить знаки допускается в случаях, если от этих линий указывают и размер.

2. Цифры, обозначающие класс чистоты поверхности, не должны касаться выносных или контурных линий (рис. 288, *а*, *в*, *г*).

3. Если все поверхности детали имеют одну и ту же шероховатость, то на самом изображении никаких обозначений не ставят, а в правом верхнем углу наносят общее обозначение шероховатости (рис. 288, *б*).

4. Если одинаковой должна быть шероховатость не всех поверхностей детали, а только части их (преобладающей), то в правом верхнем углу чертежа наносят обозначение этой шероховатости и знак треугольника в скобках. Знак (∇) означает, что все остальные поверхности детали, кроме обозначенных на чертеже знаками ∇, √, ∀ или ∼, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой (рис. 288, *а*, *в*, *г*). Например: запись ∇4(∇) (рис. 288, *а*) читается так — «Все необозначенные на чертеже поверхности детали

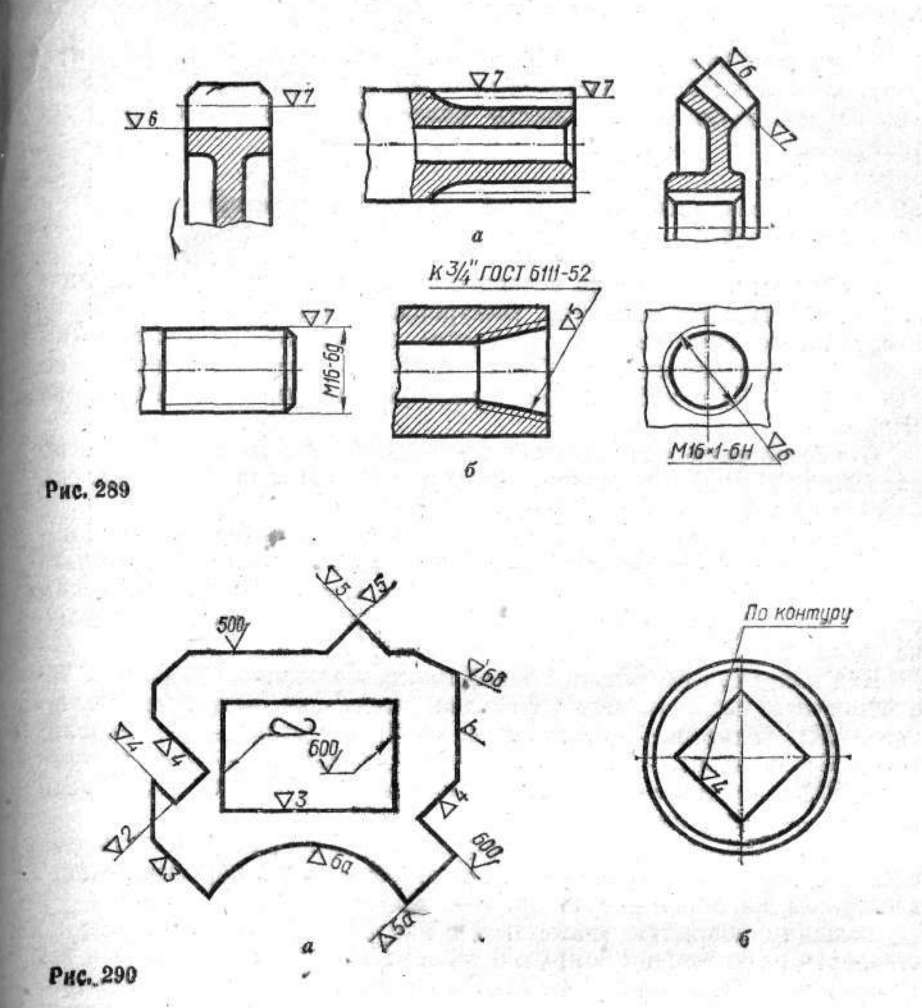


Рис. 289

Рис. 290

имеют шероховатость, отвечающую 4-му классу чистоты»; запись ∀(∇) (рис. 288, *в*) означает — «Шероховатость неуказанных на чертеже поверхностей не регламентируется»; запись ∾ (∇) (рис. 288, *г*) означает — «Необозначенные поверхности сохраняют шероховатость состояния поставки и по данному чертежу не обрабатываются» и т. д.

5. Обозначение шероховатости поверхностей повторяющихся элементов (отверстий, зубьев и т. п.) наносят только один раз (рис. 288, *а*). Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев и эвольвентных шлицев, если на чертеже не дан их профиль, наносят условно на линии делительной поверхности, а обозначение шероховатости поверхностей впадин и вершин — соответственно на линиях впадин и вершин (рис. 289, *а*). Обозначение шероховатости профиля резьбы наносят условно на выносной или размерной линии резьбы (рис. 289, *б*).

6. На рис. 290, *а* показано нанесение знаков шероховатости при различных наклонах поверхности, а на рис. 290, *б* — обозначение для случая, когда шероховатость одинакова по всему контуру детали.

20.10. Нанесение на чертежах обозначений покрытий (ГОСТ 2.310—68)

Покрытие, наносимое на поверхность детали, может иметь различное назначение: декоративное, электроизоляционное, антикоррозионное, износостойкое и др. Условное обозначение металлических покрытий выполняют по ГОСТ 9791—68 (лакокрасочных — по ГОСТ 9894—61) с добавлением перед обозначением на чертеже слова «Покрытие».

В обозначении металлических покрытий указывают: 1) способ нанесения; 2) вид; 3) технологический признак; 4) толщину; 5) степень блеска; 6) вид дополнительной обработки.

Способы нанесения покрытий и их обозначения следующие: химический — Хим.; анодизационный — Ан.; горячий — Гор.; диффузионный — Диф.; металлизационный — Мет. и др. Электролитический способ нанесения покрытий, как наиболее распространенный, условно не обозначают.

Вид покрытия обозначают одной или несколькими буквами в зависимости от применяемого материала или сплава, например: железное — Ж; кадмиевое — Кд; медное — М; свинцовое — С; оловянное — О; хромовое — Х; окисное — Окс; фосфатное — Фос; пассивное — Пас; цинковое — Ц; сплав меди и олова — М-О; сплав меди и цинка — М-Ц и др.

Технологический признак покрытия обозначают первыми буквами слов: черное — ч; твердое — тв; молочное — мол; пористое — пор; электроизоляционное — из и др.

Толщину покрытия указывают в микронах (*мкм*). Принятые по стандарту ряды толщин покрытий таковы: 1; 3; 6; 9; 12; 15; 18 и др. В условном обозначении указывают минимальную толщину покрытия.

Степень блеска покрытия указывают лишь при необходимости: матовое — м; блестящее — б; зеркальное — з.

К дополнительной обработке покрытия относится: фосфатирование — фос; хроматирование — хр; оксидирование — окс и др.

Примеры обозначения металлических покрытий:

Ц12. хр — цинковое электролитическое покрытие толщиной 12 *мкм*, хроматированное.

М30. Н18. Х.б — хромовое электролитическое покрытие толщиной менее 1 *мкм*, блестящее, с подслоем меди толщиной 30 *мкм* и никеля толщиной 18 *мкм*.

АН. окс. хр — покрытие анодизационное окисное с хроматированием.

Обозначения покрытий и все данные, нужные для их выполнения, указывают в технических требованиях чертежа. Если на все поверхности изделия наносят одно покрытие, то запись делают по типу:

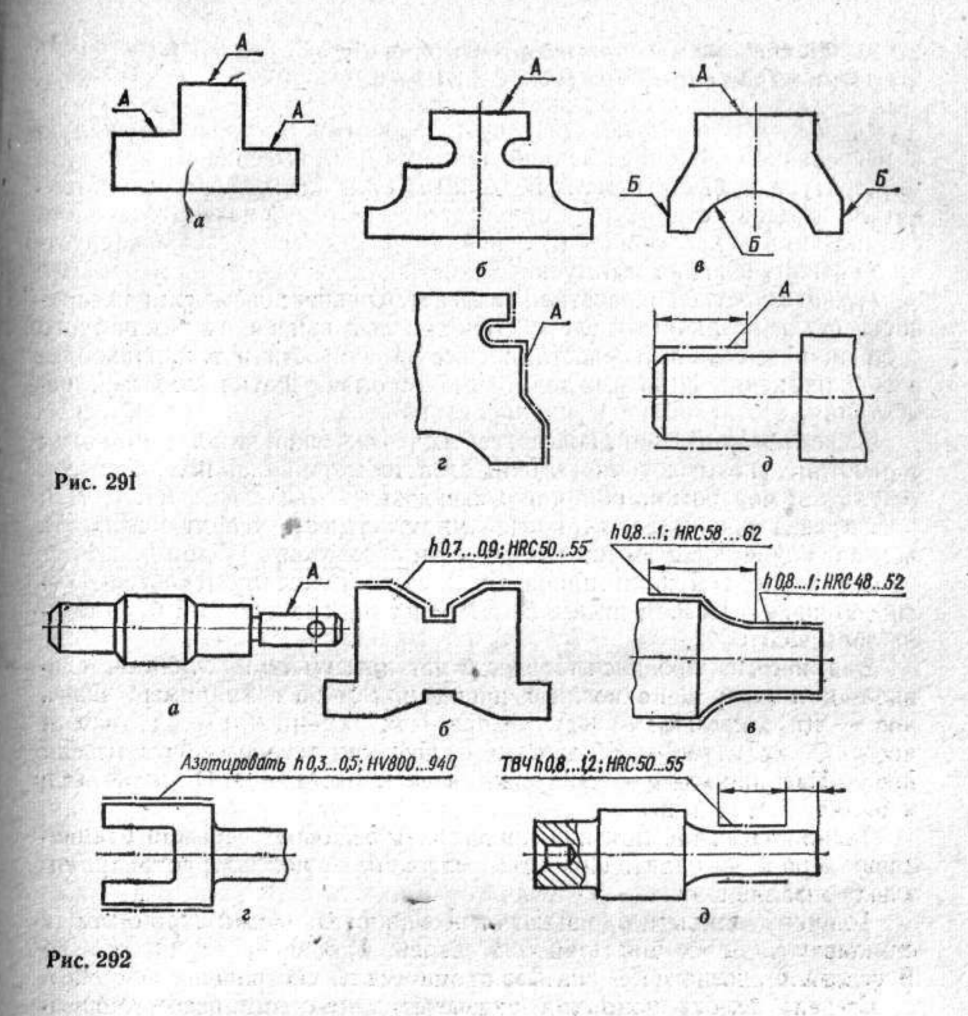


Рис. 291

Рис. 292

«Покрытие...». При нанесении покрытия лишь на некоторые поверхности все их обозначают одной буквой и записывают: «Покрытие поверхностей *А*...» (рис. 291, *а*) или «Покрытие наружных поверхностей ...». Если часть детали нужно оставить без покрытия, то записывают: «Покрытие..., кроме поверхности *А*» (рис. 291, *б*).

При нанесении на разные поверхности изделия различных покрытий поверхности обозначают отличающимися буквами (рис. 291, *в*) и записывают: «Покрытие поверхности *А* ..., поверхности *Б* — ...».

Если поверхность, подвергаемая покрытию, имеет сложную конфигурацию или ограничена по размерам, то ее обводят штрих-пунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8 ... 1 *мм* от контура, обозначают одной буквой и записывают: «Покрытие поверхности *А* ...» (рис. 291, *г*, *д*).

20.11. Нанесение на чертежах термической и других видов обработки (ГОСТ 2.310—68)

Термической называют тепловую обработку металла, связанную с нагреванием до определенной температуры, выдержкой при этой температуре и быстрым или медленным охлаждением. В результате металл изменяет структуру и приобретает требуемые механические или физико-химические свойства. Основные виды термической обработки — отжиг, закалка и отпуск.

Термохимической обработкой называется процесс насыщения поверхности стали различными элементами с целью изменения химического состава, повышения твердости, износоустойчивости и т. д. Наиболее распространенными видами термохимической обработки являются цементация, азотирование и цианирование.

На чертежах изделий, подвергаемых термической или другим видам обработки, указывают показатели свойств материала, получаемые в результате обработки, например: твердость *HRC*; *HRB*; *HRA*; *HB*; *HV*, предел прочности $\sigma_в$, предел упругости $\sigma_у$, ударную вязкость $a_н$ и др. Глубину обработки поверхности обозначают буквой *h*.

Измерение твердости производят: а) по Роквеллу (ГОСТ 9013—59) — шкале *A* (*HRA*), шкале *B* (*HRB*) или шкале *C* (*HRC*); б) по Бринеллю (ГОСТ 9012—59) — *HB*; в) по Виккерсу (ГОСТ 2999—59) — *HV*. Пример чтения записи твердости металла: «*HRB* 90 ... 96» — твердость по шкале *B* Роквелла в пределах 90—96 единиц; «*HV* 500... 550» — твердость по Виккерсу в пределах 500—550 единиц и т. д.

Величину глубины обработки и твердости материала указывают на чертеже предельными значениями «от...до», например: *h* 0,7...0,9; *HRC* 58...62. Если все изделие подвергается одному виду обработки, то в технических требованиях записывают: «*HRC* 40...50» или «Цементировать *h* 0,7...0,9; *HRC* 58...62». Если бо́льшую часть поверхности изделия подвергают одному виду обработки, а остальные поверхности — другому или предохраняют от нее, то в технических требованиях записывают, например: «*HRC* 40...50, кроме поверхности *A*» (рис. 292, *а*), или «*HRC* 30...35, кроме места, обозначенного особо».

На рис. 292, *б*, *в* показано обозначение поверхности, подвергающейся термообработке, если поверхность имеет сложную конфигурацию или обработка ведется на ограниченном участке. Эти места дополнительно обводят утолщенной штрих-пунктирной линией. Допускается указывать на чертежах виды обработки, если их результаты не подвергаются контролю, например отжиг, или если только они гарантируют требуемые свойства материала и долговечность изделия (рис. 292, *г*, *д*).

20.12. Допуски и посадки

Современное серийное и массовое производство требуют взаимозаменяемости деталей, т. е. способности заменять однотипные детали в изделии без подгонки и дополнительной обработки. Основной предпосылкой взаимозаменяемости является выполнение размеров сопрягаемых деталей в установленных пределах.

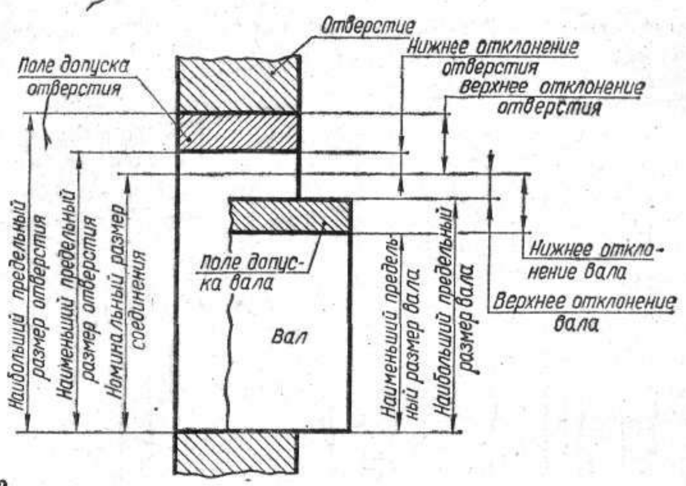


Рис. 293

Различают размеры номинальные, действительные и предельные. *Номинальным* называется проставляемый на чертеже основной размер, полученный расчетом или выбранный по конструктивным либо технологическим соображениям исходя из назначения детали. В результате окончательной обработки деталь получает размеры, близкие к номинальным, но не совпадающие с ними. Размеры, полученные после окончательной обработки, называются *действительными*. Кроме номинального, конструктор устанавливает два предельных значения размеров, между которыми должен находиться действительный размер. Больший из устанавливаемых называют *наибольшим предельным размером*, меньший — *наименьшим предельным размером*.

Алгебраическая разность между наибольшим предельным размером и номинальным дает *верхнее отклонение* размера, а алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным — *нижнее отклонение*. Отклонения могут быть положительными, отрицательными и равными нулю. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называют *допуском размера*, а интервал значений размеров, ограниченный предельными размерами, называется *полем допуска*.

Рис. 293 дает понятие о всех перечисленных параметрах.

Пример. Дан размер вала $\varnothing 80^{+0,2}_{-0,3}$.

Эта запись означает, что номинальный размер диаметра вала 80 *мм*, верхнее отклонение +0,2 *мм*, а нижнее — 0,3 *мм*. Наибольший предельный размер диаметра вала 80 + 0,2 = 80,2 *мм*, а наименьший предельный размер 80 — 0,3 = 79,7 *мм*. Допуск размера на изготовление диаметра равен +0,2 — (—0,3) = 0,5 *мм* или 80,2 — — 79,7 = 0,5 *мм*. Следовательно, действительные размеры вала должны колебаться в пределах 80,2 ... 79,7 *мм*.

При соединении двух деталей одна из них является охватывающей («отверстие»), а другая — охватываемой («вал»). Наименования «вал» и «отверстие» условны, так как относятся они не только к круглым деталям, но и к деталям любой конфигурации.

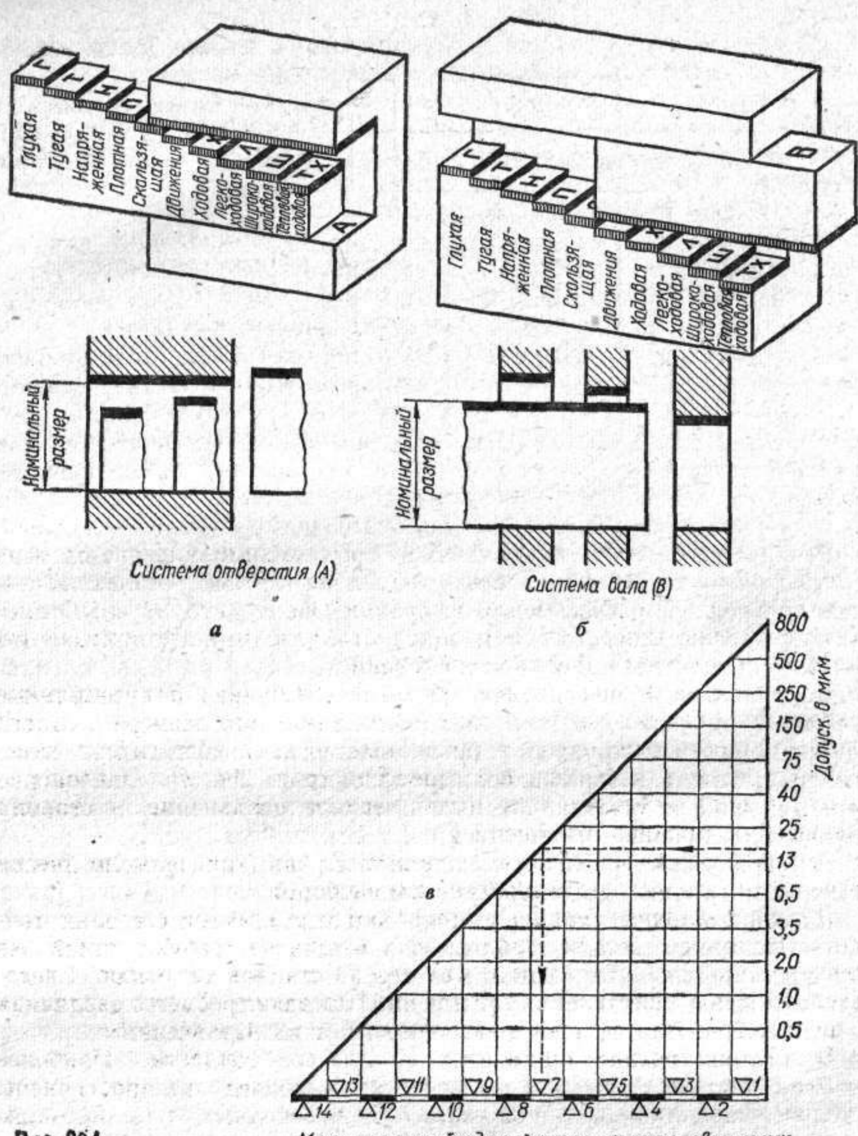


Рис. 294

В зависимости от назначения и условий работы соединения детали могут свободно перемещаться относительно друг друга или быть неподвижными. Характер соединения деталей, определяемый величиной получаемых в нем зазоров или натягов, называется *посадкой*. *Зазор* — это положительная разность между размерами отверстия и вала (т. е. размер отверстия больше размера вала), а *натяг* — положительная разность между размерами вала и отверстия (т. е. размер вала больше размера отверстия).

Посадки разделяют на три группы: посадки с зазором (подвижные), посадки с натягом (неподвижные) и переходные посадки.

В зависимости от величины зазора различают восемь подвижных посадок: скользящая — С, движения — Д, ходовая — Х, легкоходовая — Л, широкоходовая — Ш, широкоходовая 1-я — Ш1, широкоходовая 2-я — Ш2, тепловая ходовая — ТХ. Для посадки скольжения наименьший зазор равен нулю.

В зависимости от величины натяга различают шесть неподвижных посадок: легкопрессовая — Пл, прессовая — Пр, прессовая 1-я — Пр1, прессовая 2-я — Пр2, прессовая 3-я — Пр3 и горячая — Гр. Для легкопрессовой посадки наименьший натяг равен нулю.

При переходных посадках между сопряженными деталями может быть как зазор, так и натяг. К переходным относят четыре посадки: плотную — П, напряженную — Н, тугую — Т и глухую — Г.

Осуществить ту или иную посадку можно за счет изменения как размеров отверстия, так и размеров вала. Поэтому применяют две системы посадок: систему отверстия и систему вала (рис. 294, *а*, *б*).

В системе отверстия (она условно обозначается буквой *А*) предельные отклонения отверстия для одного и того же номинального размера и одного класса точности одинаковы, а различные посадки достигаются изменением предельных отклонений вала (рис. 294, *а*). Отклонение размеров отверстия изменяется от нуля (нижнее отклонение) в сторону увеличения (верхнее отклонение).

В системе вала (она условно обозначается буквой *В*) предельные отклонения вала для одного и того же номинального размера и одного класса точности одинаковы, а различные посадки достигаются изменением предельных отклонений отверстия (рис. 294, *б*). Отклонение размеров вала изменяется от нуля (верхнее отклонение) в сторону уменьшения (нижнее отклонение).

Основной является система отверстия, так как технологически легче подогнать вал под отверстие, чем наоборот.

Детали различных машин изготовляют с различной степенью точности. Например, детали строительных машин не требуют такой же степени точности изготовления, как детали станков-автоматов. Следовательно, для осуществления той или иной посадки требуется различная точность обработки деталей в зависимости от их назначения.

В машиностроении применяют 10 классов точности. Наиболее высоким является первый класс, а наиболее распространены в машиностроении 2, 2а, 3 и 3а классы. Для свободных, т. е. несопрягаемых, размеров используют 7, 8 и 9-й классы точности.

В табл. 13 даны стандартизованные посадки с указанием, для каких классов точности они применяются. Например, прессовая посадка применяется только во 2-ом классе точности, а скользящая — для всех классов точности от 1 до 5-го.

Чем меньше значение допуска на размер детали, тем выше должен быть класс чистоты обработки поверхности. Взаимосвязь допусков и классов чистоты поверхностей выражена графически на рис. 294, *в*. Рассмотрим пример пользования этим графиком. На рис. 299 диаметр одного из сечений вала $\varnothing 50\text{П}$. По таблице допусков и посадок

Таблица 13

Стандартизованные посадки и обозначение полей допусков отверстий и валов при размерах соединений от 1 до 500 *мм*

Посадка	Группа посадок	Система отверстия							Система вала						
		Классы точности посадок													
		1	2	2а	3	3а	4	5	1	2	2а	3	3а	4	5
		Обозначение полей допусков													
		отверстий							валов						
		А$_1$	А	А$_{2а}$	А$_3$	А$_{3а}$	А$_4$	А$_5$	В$_1$	В	В$_{2а}$	В$_3$	В$_{3а}$	В$_4$	В$_5$
		Обозначение полей допусков													
		валов							отверстий						
Прессовая 3-я	С натягом	—	—	—	Пр3$_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Прессовая 2-я		Пр2$_1$	—	Пр2$_{2а}$	Пр2$_3$	—	—	—	—	—	Пр2$_{2а}$	—	—	—	—
Прессовая 1-я		Пр1$_1$	—	Пр1$_{2а}$	Пр1$_3$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Горячая		—	Гр	—	—	—	—	—	—	Гр	—	—	—	—	—
Прессовая		—	Пр	—	—	—	—	—	—	Пр	—	—	—	—	—
Легкопрессовая		—	Пл	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Глухая	Переходные	Г$_1$	Г	Г$_{2а}$	—	—	—	—	Г$_1$	Г	Г$_{2а}$	—	—	—	—
Тугая		Т$_1$	Т	Т$_{2а}$	—	—	—	—	Т$_1$	Т	Т$_{2а}$	—	—	—	—
Напряженная		Н$_1$	Н	Н$_{2а}$	—	—	—	—	Н$_1$	Н	Н$_{2а}$	—	—	—	—
Плотная		П$_1$	П	П$_{2а}$	—	—	—	—	П$_1$	П	П$_{2а}$	—	—	—	—
Скользящая	С зазором	С$_1$	С	С$_{2а}$	С$_3$	С$_{3а}$	С$_4$	С$_5$	С$_1$	С	С$_{2а}$	С$_3$	С$_{3а}$	С$_4$	С$_5$
Движения		Д$_1$	Д	—	—	—	—	—	Д$_1$	Д	—	—	—	—	—
Ходовая		Х$_1$	Х	Х$_{2а}$	Х$_3$	—	Х$_4$	Х$_5$	Х$_1$	Х	—	Х$_3$	—	Х$_4$	Х$_5$
Легкоходовая		—	Л	—	—	—	Л$_4$	—	—	Л	—	—	—	Л$_4$	—
Широкоходовая		—	Ш	—	Ш$_3$	—	Ш$_4$	—	—	Ш	—	Ш$_3$	—	Ш$_4$	—
Тепловая ходовая		—	ТХ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(ОСТ 1012) находим величины предельных отклонений. Они таковы, что исполнительный размер вала — Ø50$^{+8}_{-8}$, т. е. допуск равен 16 *мкм*. По диаграмме находим, что для допуска 16 *мкм* минимально необходимый класс чистоты поверхности составляет ∇7 (построение показано на графике штриховыми линиями).

Обозначения допусков и посадок на чертежах выполняют по ГОСТ 2.307—68. Предельные отклонения размеров указывают на чертежах непосредственно после номинальных размеров. Выполнить это можно тремя способами:

1. *Условным обозначением полей допусков и посадок*. При нанесении размеров по системе отверстия (рис. 295, *а*) возле номинального размера отверстия пишут букву «А» с цифрой, указывающей класс точности, а возле номинального размера вала — букву и цифру, указывающие соответственно посадку и класс точности.

При нанесении размеров по системе вала (рис. 295, *б*) возле номинального размера вала пишут букву «В» с цифрой, указывающей класс точности, а возле номинального размера отверстия — букву и цифру, указывающие посадку и класс точности. Второй класс точности, как наиболее распространенный, принято не указывать.

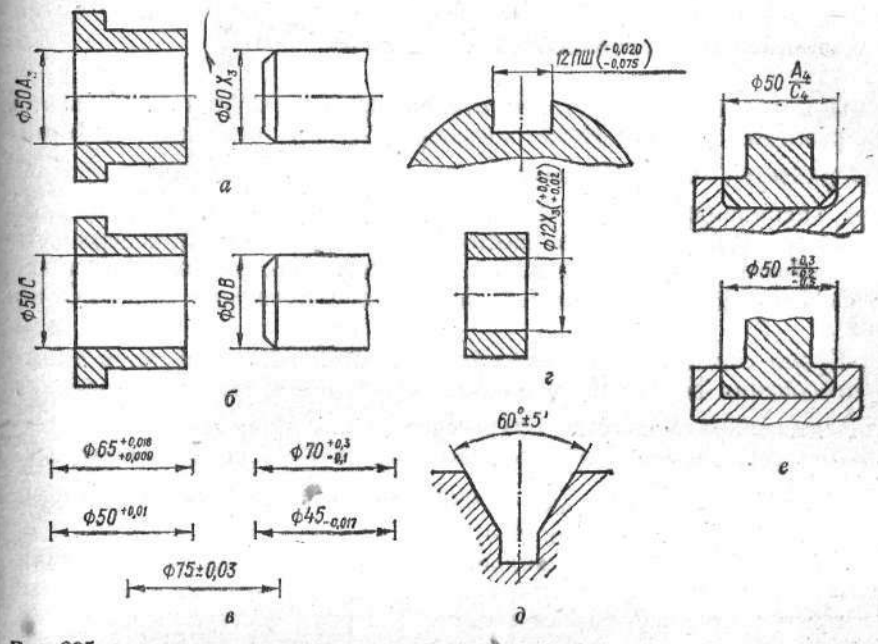


Рис. 295

2. *Числовыми значениями предельных отклонений.* Рядом с номинальным размером указывают значения верхнего и нижнего предельных отклонений (рис. 295, *в*). Отклонение, равное нулю, принято не указывать. Например, в записи $\varnothing 50^{+0,01}$ нижнее отклонение равно нулю. Числовые значения предельных отклонений пишут меньшим размером шрифта, чем размерные числа на чертеже. При симметричном расположении поля допуска величину отклонения указывают лишь один раз со знаками «±». В этом случае отклонение пишут тем же размером шрифта, что и размерные числа (рис. 295, *в*).

3. *Условным обозначением полей допусков и числовыми значениями предельных отклонений* (рис. 295, *г*).

Предельные отклонения угловых размеров указывают только числовыми величинами (рис. 295, *д*).

Многократно повторяющиеся на чертежах предельные отклонения линейных размеров 5-го и более грубых классов точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а оговаривать общей записью в технических требованиях, например: «Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий — по A_7, валов — по B_7, остальных — по CM_7»; «Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров — по A_5, B_5, остальных — по CM_5» (см. рис. 299, 300).

На рис. 295, *е* предельные отклонения нанесены для деталей, изображенных в соединении. В числителе указывают условное обозначение поля допуска отверстия, а в знаменателе — вала или соответственно указывают числовые значения предельных отклонений.

20.13. Предельные отклонения формы и расположения поверхностей (ГОСТ 2.308—68)

При изготовлении деталей отклонения получаются не только в их размерах, но и в геометрической форме. К отклонениям формы поверхностей относят неплоскостность (▱), непрямолинейность (—), нецилиндричность (⌭) и некруглость (○). Эти отклонения характеризуют наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающих соответственно плоскости, прямой или цилиндра (в скобках указаны условные знаки, обозначающие эти отклонения).

Кроме отклонений в форме поверхностей детали имеются также и отклонения во взаимном их расположении. К таким отклонениям относят непараллельность (//), неперпендикулярность (⊥), несоосность (_┌‾), радиальное и торцовое биение (↗), непересечение осей (X), несимметричность (÷) и смещение осей относительно номинального их расположения (+).

Данные о предельных отклонениях формы и расположения поверхностей указывают на чертеже в прямоугольных рамках, разделенных на две или три части (рис. 296, *а*). В первой части помещают знак отклонения, во второй — значение предельного отклонения в миллиметрах, в третьей — буквенное обозначение базы или поверхности, к которой относится отклонение расположения. На чертеже рамки располагают горизонтально, выполняют их тонкими сплошными линиями. Высота знаков, букв и цифр, вписываемых в рамки, равна высоте размерных чисел на чертеже, высота рамки на 2—3 *мм* превышает высоту знаков.

Рамку с условным обозначением соединяют с элементом, к которому относится отклонение, прямой линией, заканчивающейся стрелкой. Обозначение на рис. 296, *б* показывает, что предельное отклонение

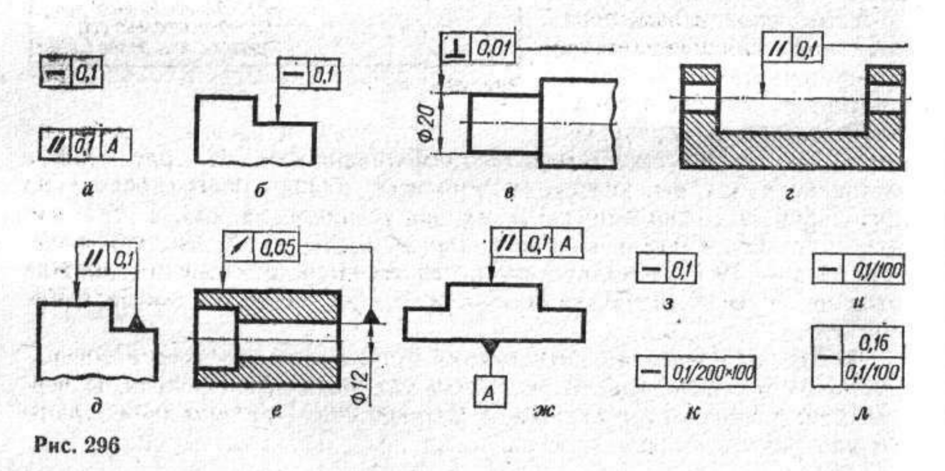


Рис. 296

относится к поверхности или к профилю. Когда предельное отклонение относится к оси или плоскости симметрии, соединительная линия должна быть продолжением размерной (рис. 296, *в*). На рис. 296, *г* отклонение относится к общей оси отверстий или плоскости симметрии.

При указании взаимного расположения поверхностей база, по отношению к которой отсчитывается величина отклонения, указывается зачерненным треугольником. На рис. 296, *д* базой отсчета является плоскость детали, а на рис. 296, *е* — ось или плоскость симметрии. Если соединение рамки с базой, к которой относится отклонение расположения, затруднено, то эту базу обозначают зачерненным треугольником и рамкой с прописной буквой, которая вписывается и в третью часть рамки с отклонением (рис. 296, *ж*). Зачерненный треугольник заменяют стрелкой, если поверхность не служит базой.

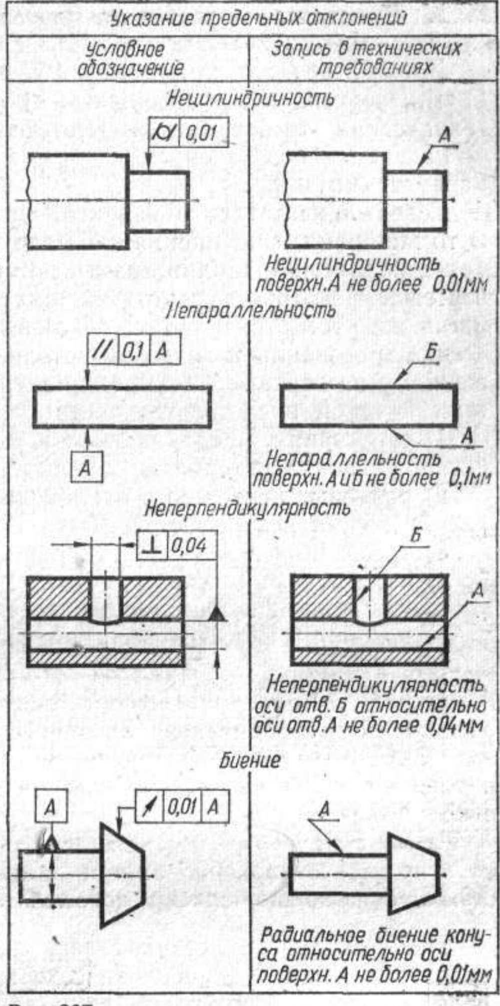


Рис. 297

На рис. 296, *з—л* показаны различные случаи записи отклонений, например, непрямолинейности. На рис. 296, *з* отклонение 0,1 *мм* относится ко всей длине поверхности; на рис. 296, *и* отклонение 0,1 *мм* допускается на длине 100 *мм*, а на рис. 296, *к* оно относится к площади 200 × 100 *мм*. Обозначение на рис. 296, *л* говорит о том, что величина отклонения должна быть не более 0,16 *мм* на всей длине и не более 0,1 *мм* на длине 100 *мм*.

Величины предельных отклонений формы и расположения поверхностей могут быть указаны не только условным обозначением на чертеже, но и записью в технических требованиях. Примеры записи даны на рис. 297.

20.14. Текстовые надписи на чертежах (ГОСТ 2.316—68)

Кроме изображения предмета с размерами и предельными отклонениями, чертеж может содержать: а) текстовую часть, состоящую из технических требований и технической характеристики изделия; б) надписи с обозначением изображений; в) таблицы с различными параметрами и др.

Содержание текста и надписей должно быть кратким и точным. В то же время, сокращения слов допускаются только общепринятые. Текст надписей и таблиц размещают параллельно основной надписи чертежа. Некоторые из этих надписей уже были рассмотрены выше. Здесь же рассмотрим только текстовые надписи, поясняющие технические требования к изделию (детали, сборочному изделию), изображенному на чертеже. Технические требования группируют и излагают в такой последовательности:

1) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термообработке, указание материалов-заменителей и т. п.;

2) размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, масса и т. п.;

3) требования к качеству поверхностей, их отделке, покрытию;

4) зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;

5) требования к настройке и регулировке изделия;

6) условия и методы испытаний, указания о маркировании и клеймении;

7) правила транспортировки и хранения;

8) особые условия эксплуатации и др.

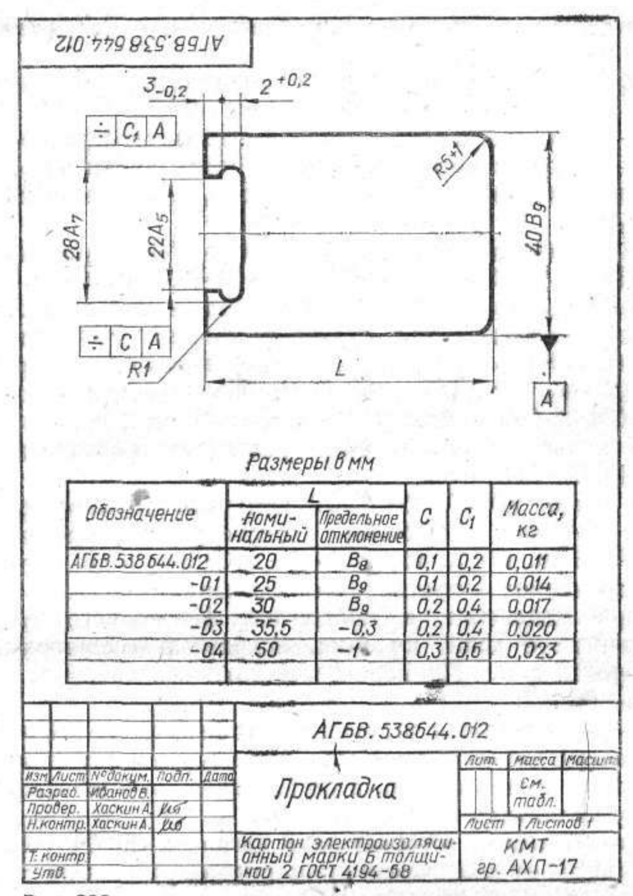
Пункты технических требований должны иметь сквозную нумерацию и каждый пункт записывается с красной строки. Запись помещают над основной надписью; ширина колонки не более 185 *мм*. Для форматов более 11-го допускается размещать надпись в две колонки.

20.15. Групповые чертежи деталей

ГОСТ 2.113—70 устанавливает правила выполнения групповых конструкторских документов, содержащих информацию о двух и более изделиях. Рассмотрим лишь вопрос о групповых чертежах деталей.

Групповой чертеж деталей представляет собой сводный чертеж, содержащий данные для изготовления и контроля однотипных деталей, отличающихся размерами, материалом, покрытием, шероховатостью и другими данными. Разрабатывают табличные групповые чертежи при небольшом числе изменяющихся параметров изделия.

На групповом чертеже полностью изображается основное исполнение детали и наносятся постоянные размеры, отклонения, знаки шероховатости поверхностей и пр. Переменные величины указывают буквенными обозначениями, а их конкретные значения вносят в таблицу исполнений (рис. 298). Кроме переменных размеров, в таблице указывают переменные значения предельных отклонений, знаков шероховатости, покрытий, материалов и др. При наличии переменных изобра-



Обозначение	L Номинальный	L Предельное отклонение	C	C_1	Масса, кг
АГБВ.538644.012	20	B_8	0,1	0,2	0,011
-01	25	B_9	0,1	0,2	0,014
-02	30	B_9	0,2	0,4	0,017
-03	35,5	−0,3	0,2	0,4	0,020
-04	50	−1	0,3	0,6	0,023

Рис. 298

жений отдельных элементов деталей их изображают на чертеже с соответствующей нумерацией рисунков («Рис. 1», «Рис. 2» и т. д.).

На рис. 298 дан пример оформления группового чертежа прокладки. Переменными величинами являются размеры L, C, C_1 и масса детали.

Групповому чертежу присваивается основное обозначение в обычном порядке, а для вариантов исполнения обозначение складывается из основного обозначения, знака тире и порядкового номера исполнения. Например, основное (базовое) обозначение прокладки будет АГБВ. 538644.012, а к вариантам исполнения через тире добавляют 01, 02 и т. д. (АГБВ. 538644. 012—01). В спецификации сборочного чертежа, куда входят однотипные детали, объединенные групповым чертежом, каждый вариант записывают отдельно с присвоенным ему полным обозначением.

Кроме групповых чертежей деталей, могут быть групповые сборочные чертежи, групповые спецификации и т. п.

20.16. Материалы и их условные обозначения на чертежах

Рассмотрим условные обозначения наиболее распространенных материалов.

Чугун — сплав железа с углеродом, количество которого превышает 2%, и с другими элементами. Различают отливки из серого, ковкого, высокопрочного, антифрикционного, модифицированного и других чугунов.

Отливки из *серого чугуна* (ГОСТ 1412—70) изготовляют марок СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 28-48 и др. Первое число указывает предел прочности при растяжении в *кгс/мм*², а второе — предел прочности при изгибе в *кгс/мм*². Из чугуна средней прочности (СЧ15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40) изготовляют кронштейны, корпусы, шкивы, клапаны, втулки. Из более прочного чугуна (СЧ 32-52, СЧ 36-56) изготовляют зубчатые колеса, поршни, патроны, поршневые кольца и др. Пример условного обозначения чугуна: «СЧ 18-36 ГОСТ 1412—70».

Ковкий чугун (ГОСТ 1215—59) получают термической обработкой белых чугунов. Наиболее распространены марки КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4 и др. Первое число указывает временное сопротивление разрыву в *кгс/мм*², второе — относительное удлинение в процентах. Из ковкого чугуна отливают пластинчатые цепи, кулачки, вкладыши, соединительные части для труб и т. п. Пример условного обозначения: «КЧ 33-8 ГОСТ 1215—59».

Сталь — сплав железа с углеродом в количестве до 2% и некоторыми легирующими элементами. По химическому составу сталь делят на углеродистую и легированную, а по назначению — на конструкционную, инструментальную и специальную.

Сталь углеродистая обыкновенного качества (ГОСТ 380—71).

В зависимости от назначения сталь подразделяется на три группы: А — поставляемую по механическим свойствам; Б — поставляемую по химическому составу; В — поставляемую по механическим свойствам и химическому составу. Сталь изготовляют следующих марок:

группы А — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;

группы Б — БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;

группы В — ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

Для обозначения степени раскисления к обозначению марки стали после номера марки добавляют индексы: «кп» — кипящая, «пс» — полуспокойная, «сп» — спокойная, например: Ст3кп, Ст3пс, БСт3сп и т. д.

Из стали Ст0, Ст1 изготовляют трубы, резервуары, кожухи, прокладки; из стали Ст3, Ст4 — болты, винты, гайки, шпильки, оси, заклепки и т. п.; сталь Ст5, Ст6 используют для валов, шестерен, шпонок, бандажей колес и других деталей. Пример условного обозначения: «Ст3 ГОСТ 380—71».

Сталь углеродистая качественная конструкционная (ГОСТ 1050—60) в зависимости от химического состава подразделяется на две группы: I — с нормальным и II — с повышенным содержанием

марганца. Марки стали: 05кп; 08кп; 10кп; 10; 15кп; 15; 20кп; 20; 25; 35; 40; 45; 50; 60Г и др.

В марке стали двузначные цифры обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента, буква «Г» — повышенное содержание марганца.

Сталь марок 10, 15, 20, 25 применяют для изготовления крепежных изделий, втулок, муфт и др.; сталь марок 35, 40, 45 — для изготовления деталей, несущих значительные нагрузки, например, коленчатых валов, штоков; сталь 65Г применяется для изготовления пружин, пружинных колец и других деталей, требующих повышенной упругости. Пример условного обозначения: «Сталь 65 ГОСТ 1050—60».

Сталь углеродистую инструментальную (ГОСТ 1435—54) выпускают марок У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У7А, У8ГА, У13А и др. Цифра указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента, буква «Г» — повышенное содержание марганца, буква «А» — высококачественную сталь. Употребляют эту сталь для изготовления инструмента. Пример условного обозначения: «Сталь У8Г ГОСТ 1435—54».

Сталь легированная конструкционная (ГОСТ 4543—71) имеет много марок: хромистые (15Х, 15ХА, 20Х, 38ХА и др.); марганцовистые (15Г, 20Г, 45Г, 35Г2 и др.); хромомарганцовые (18ХГ, 20ХГР, 30ХГТ, 25ХГМ и др.); хромокремнистые (33ХС, 40ХС и др.); хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые (15ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 30Х3МФ и др.); хромоникельмолибденовые (14Х2Н3МА, 20ХН2М и др.). В обозначении марок стали первые две цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы за цифрами означают: «В» — вольфрам, «Г» — марганец, «М» — молибден, «Н» — никель, «Р» — бор, «С» — кремний, «Т» — титан, «Ф» — ванадий, «Х» — хром и «Ю» — алюминий. Цифры, стоящие после букв, указывают примерное содержание легирующего элемента в процентах. Отсутствие цифры означает, что в марке содержится до 1,5% этого элемента. Буква «А» в конце наименования свидетельствует о высоком качестве стали. Пример условного обозначения: «Сталь12Х2Н4А ГОСТ 4543—71».

Отливки из конструкционной нелегированной стали (ГОСТ 977—65) делят на три группы: I — отливки обыкновенного назначения; II — отливки ответственного назначения; III — отливки особо ответственного назначения. Сталь каждой группы делят на марки 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л и др. Пример условного обозначения стали 20Л, группы I: «Сталь 20Л—I ГОСТ 977—65».

Бронза — многокомпонентный сплав на медной основе, содержащий олово, цинк, свинец и другие металлы.

Бронзы оловянные литейные (ГОСТ 613—65) изготовляют марок Бр.ОЦСН 3-7-5-1; Бр.ОЦС 3-12-5; Бр.ОЦС 5-5-5 и др. Употребляют бронзу для изготовления арматуры, работающей в морской и пресной воде, маслах и паре под давлением до 25 *кгс/мм*^{2}, для антифрикционных деталей и др. Пример условного обозначения бронзы с содержанием 3% олова, 12% цинка, 5% свинца, остальное — медь: «Бр.ОЦС 3-12-5 ГОСТ 613—65».

Бронзы безоловянные (ГОСТ 493—54) выпускают марок Бр.А5, Бр.АМц 9-2; Бр.АМц 9-2Л; Бр.АЖ 9-4; Бр.АЖМц 10-3-1,5; Бр.АЖН 10-4-4Л и др. В этих марках буква «А» — алюминий, «Ж» — железо, «Мц» — марганец, «Н» — никель, «Ф» — фосфор. Буква «Л» означает «Бронза литейная». Бронзу применяют для изготовления втулок, червячных колес, дисков насосов, пружин, антифрикционных деталей, вкладышей подшипников и др. Пример условного обозначения: «Бр.АМц 10-2 ГОСТ 493—54».

Медно-цинковые сплавы (латуни) содержат кроме меди и цинка добавки железа — «Ж», марганца — «Мц», алюминия — «А», олова — «О», свинца — «С» и ряда других элементов.

Медно-цинковые сплавы (латуни) литейные (ГОСТ 17711—72) выпускают марок ЛА 67-2,5; ЛАЖМц 66-6-3-2; ЛМцС 58-2-2; ЛК 80-3Л; ЛКС 80-3-3; ЛС59-1Л и др. Применяют латуни для деталей арматуры, литых подшипников и втулок, нажимных гаек, коррозионностойких деталей, работающих в морской воде, литья под давлением, фасонного литья и др. Пример условного обозначения латуни алюминиево-железо-марганцовой, содержащей 66% меди, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца, остальное — цинк: «ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 11711—72».

Сплавы *медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением* (ГОСТ 15527—70), выпускают марок Л96, Л90, Л85, Л70, Л63, ЛА77-2, ЛАЖ 60-1-1 и др. Пример условного обозначения: «ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ 15527-70».

Из латуни, обрабатываемой давлением, прокатывают листы, прутки, ленту, проволоку. Пример обозначения горячекатаного листа из латуни Л63: «Лист Л63 Гк 5 × 600 × 1500 ГОСТ 931—70».

Баббиты оловянистые (ГОСТ 1320—55) — сплавы меди, олова, свинца и сурьмы. Марки баббитов Б83, Б16, Б6, БН, БТ и др. Применяются для заливки подшипников турбин, насосов, вентиляторов и др. Пример условного обозначения: «Б83 ГОСТ 1320—55».

Сплавы алюминиевые литейные (ГОСТ 2685—65) в зависимости от химического состава разделяют на 5 групп: I группа — сплавы на основе алюминий-магний (АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ27-1 и др); II группа — сплавы на основе алюминий-кремний (АЛ2, АЛ4, АЛ4В и др.); III группа — сплавы на основе алюминий-медь (АЛ7, АЛ7В, АЛ19 и др.). Алюминиевые сплавы применяют для ответственных деталей двигателей, поршней, деталей сложной конфигурации, изделий, работающих при повышенных температурах, и т. п. Пример условного обозначения: «АЛ9 ГОСТ 2685—65».

Рассмотрим некоторые **неметаллические материалы,** применяемые в машиностроении:

1. *Текстолит конструкционный* (ГОСТ 5—72) — слоистый пластический материал, получаемый прессованием полотнищ ткани, пропитанной искусственными смолами. Марки текстолита ПТК, ПТ и ПТ-1. Из текстолита изготавливают шестерни, ролики, втулки, кольца. Пример обозначения: «Текстолит ПТ-1 ГОСТ 5—72».

2. *Винипласт листовой* (ГОСТ 9639—71) — жесткий листовой термопластичный материал. Марки листового винипласта ВН, ВНЭ, ВП и ВД. Применяется при изготовлении химической аппаратуры,

в автомобильной, фото, электропромышленности и др. Пример обозначения листов марки ВН, длиной 1500 *мм*, шириной 800 *мм*: «Листы винипласта ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71».

3. *Прессшпан* (ГОСТ 6983—54) — уплотненный лощеный картон. Прессшпан выпускают марок А и Б. Применяется для прокладок повышенной плотности. Условное обозначение прессшпана марки А толщиной 0,6 *мм*: «Прессшпан А 0,6 ГОСТ 6983—54».

4. *Паронит* (ГОСТ 481—71) — получают из смеси асбестовых волокон, растворителя и наполнителей. Марки паронита ПОН, ПМБ, ПА и ПЭ. Применяются в качестве прокладок. Пример условного обозначения листов паронита ПОН толщиной 0,6, шириной 500 и длиной 750 *мм*: «Паронит ПОН 0,6 × 500 × 750 ГОСТ 481—71».

5. *Резина листовая техническая* (ГОСТ 7338—65) выпускается марок КЩ — кислотостойкая, Т — теплостойкая, М — морозостойкая и др. Применяется для прокладок, клапанов и уплотнителей. Пример обозначения технической резины в виде пластин толщиной 3 *мм*, маслобензостойкой, марки А мягкой: «Резина — пластина 3МБ-А-м ГОСТ 7338—65».

Если форма и условия работы детали в конструкции требуют ее изготовления из металла определенного сортамента (листа, калиброванного прутка, проволоки, профиля и т. д.), то обозначают не только материал, но и сортамент с его характерными размерами и указывают номер стандарта на этот сортамент. Рассмотрим ряд примеров:

1. Сталь горячекатаная квадратная марки Ст3 со стороной квадрата 60 *мм* обычной прокатки —

$$\text{Квадрат}\ \frac{\text{В 60 ГОСТ 2591—71}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

2. Швеллер № 20 с уклоном внутренних граней полки из стали марки Ст3 —

$$\text{Швеллер}\ \frac{\text{20 ГОСТ 8240—72}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

3. Сталь круглая марки Ст3 диаметром 50 *мм* —

$$\text{Круг}\ \frac{\text{50 ГОСТ 2590—71}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

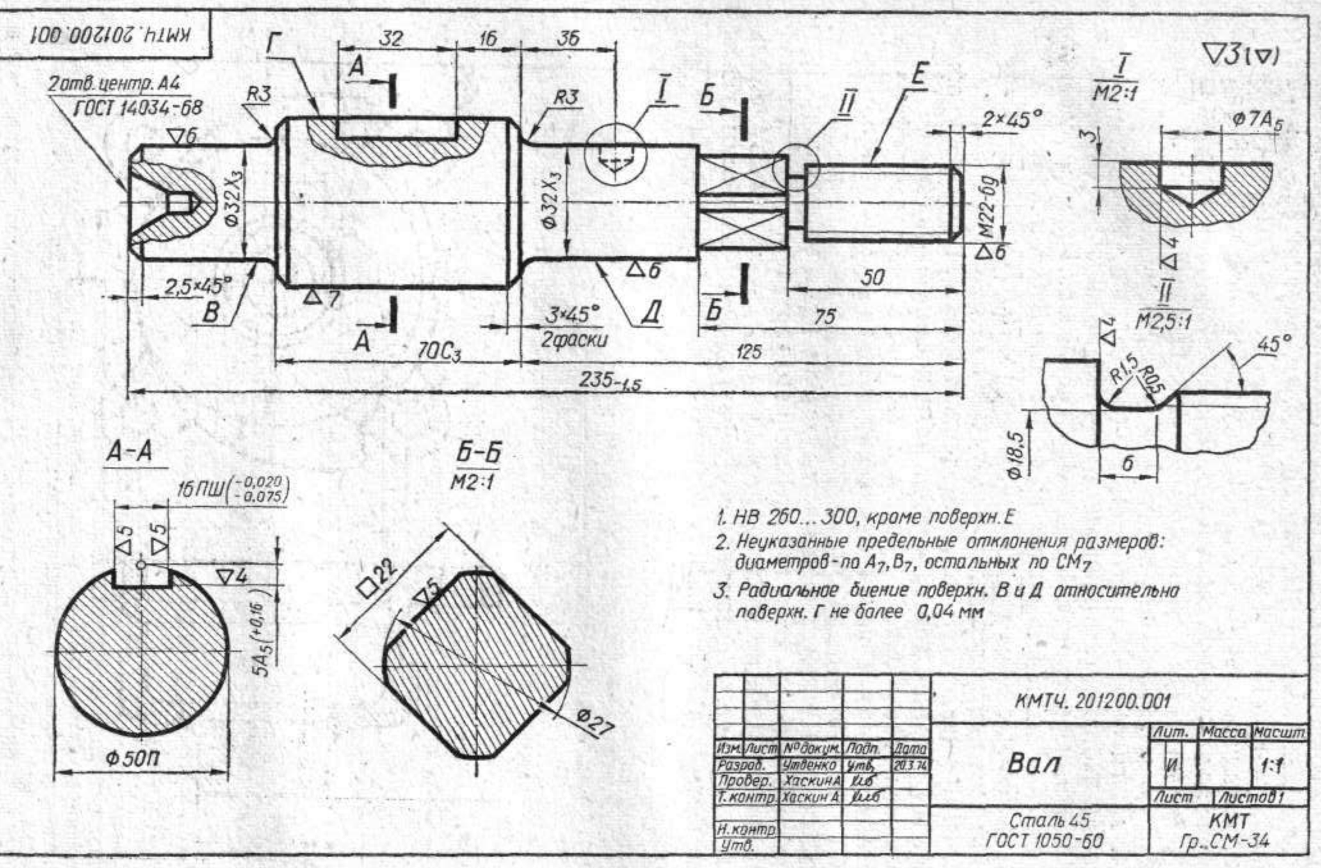
4. Сталь шестигранная калиброванная марки 45, с размером «под ключ» 25 *мм*, 5-го класса точности —

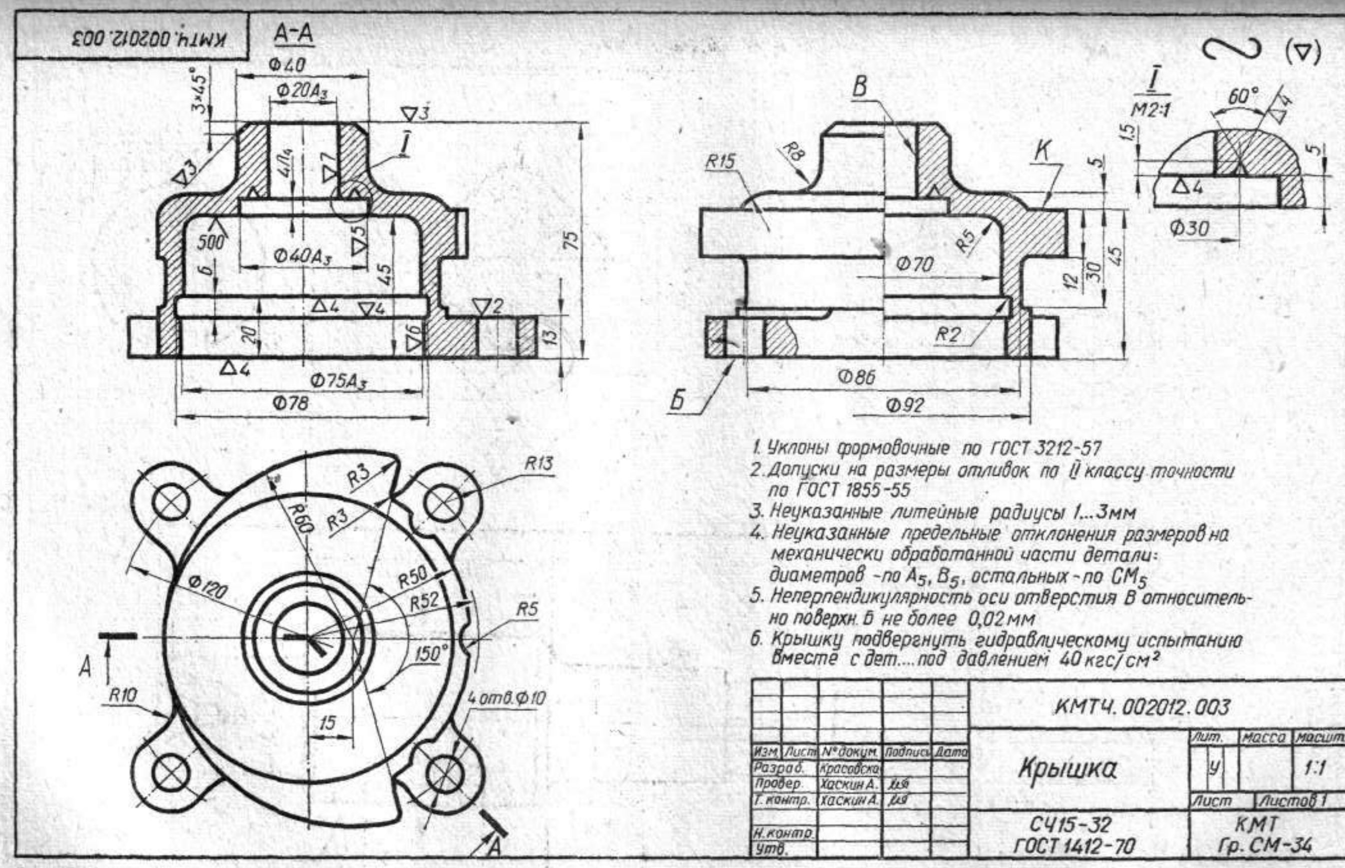
$$\text{Шестигранник}\ \frac{\text{25—5 ГОСТ 8560—67}}{\text{45 ГОСТ 1051—69}}.$$

20.17. Примеры выполнения рабочих чертежей деталей

На рис. 299 изображена «круглая» деталь — вал. *Круглыми называют детали, ограниченные, главным образом, поверхностями вращения.* К ним относят оси, втулки, валы, шпиндели, фланцы и т. п. На чертеже часто их изображают лишь в одной проекции — главном виде — с горизонтальным по отношению к основной надписи расположением оси. Для пояснения отдельных элементов применяют местные разрезы, сечения, выносные элементы.

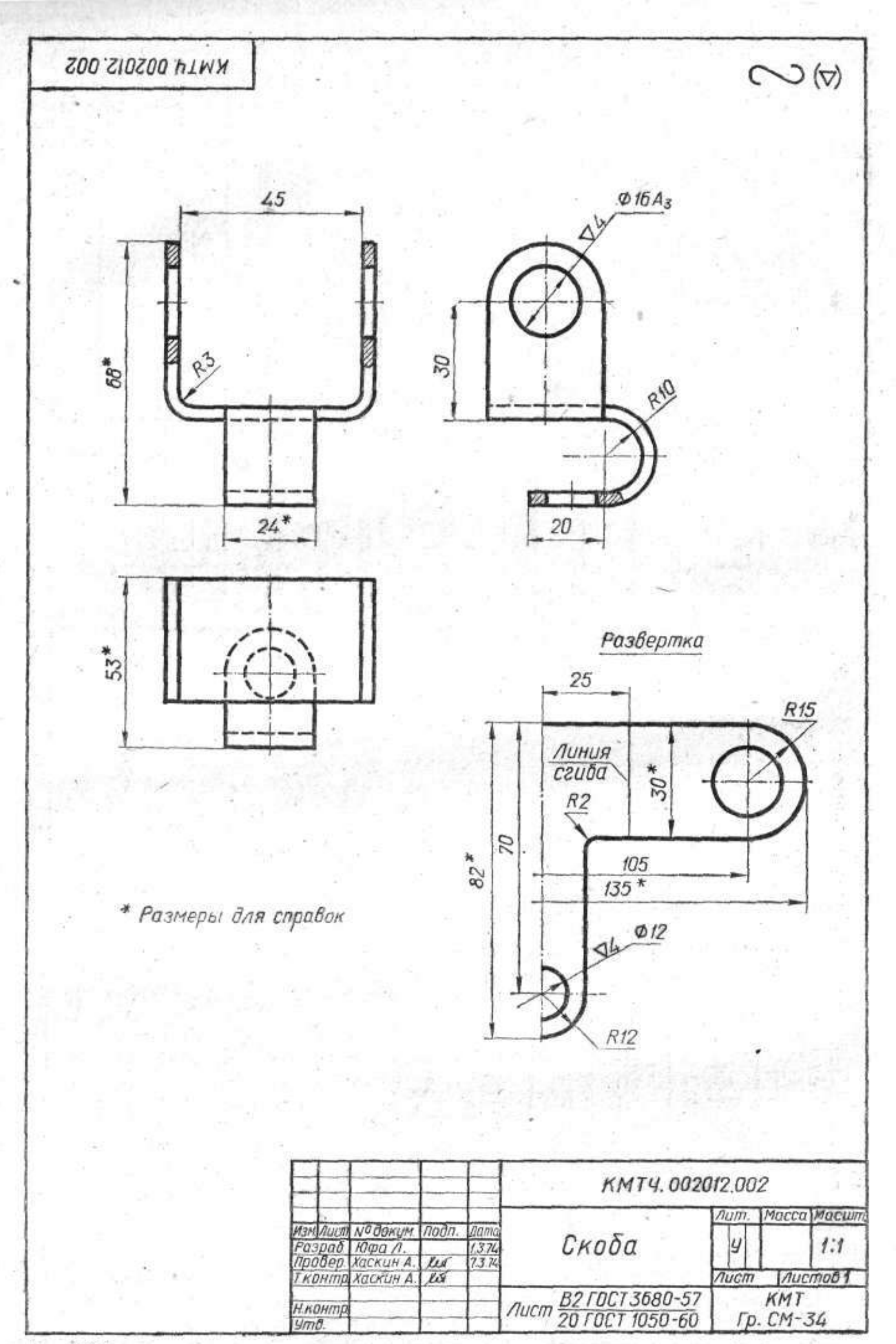
На рис. 299 сечение *А—А* выявляет размеры поперечного сечения шпоночной канавки, а сечение *Б—Б* указывает форму и размеры квадратной части вала. При помощи местных разрезов показано центровое отверстие и шпоночная канавка.


КМТЧ. 201200.001
2отв. центр. А4
ГОСТ 14034-68
Г
32
16
36
A
R3
R3
I
Б
II
E
2×45°
∇3(∇)
I
M2:1
Ø7A₅
3
∇6
Ø32X₃
Ø32X₃
M22-6g
Δ6
Δ4
Δ6
Δ7
2,5×45°
B
3×45°
2фаски
Д
50
75
125
70C₃
235₋₁,₅
II
M2,5:1
R1,5
R0,5
45°
Ø18,5
6
A–A
16ПШ(-0,020 / -0,075)
Δ5
∇5
∇4
5A₅(+0,16)
Ø50П
Б–Б
M2:1
□22
∇5
Ø27
1. HB 260...300, кроме поверхн. E
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A₇, B₇, остальных по CM₇
3. Радиальное биение поверхн. В и Д относительно поверхн. Г не более 0,04 мм
КМТЧ. 201200.001
Вал
Лит.
Масса
Масшт.
И
1:1
Лист
Листов 1
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб.
Утвенко
20.3.74
Провер.
Хаскин А
Т. контр.
Хаскин А.
Н. контр.
Утв.
Сталь 45
ГОСТ 1050-60
КМТ
Гр. СМ-34
Рис. 299



КМТЧ. 002012. 003
А-А
Ф40
Ф20A_3
3×45°
Ф40A_3
Ф75A_3
Ф78
75
45
20
13
6
500
I
В
К
Б
R15
R8
R5
R2
Ф70
Ф86
Ф92
12
30
45
I
М2:1
60°
Ф30
R13
R3
R60
Ф120
R50
R52
R5
150°
R10
15
4 отв. Ф10
А
1. Уклоны формовочные по ГОСТ 3212-57
2. Допуски на размеры отливок по II классу точности по ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные литейные радиусы 1...3мм
4. Неуказанные предельные отклонения размеров на механически обработанной части детали: диаметров - по A_5, B_5, остальных - по CM_5
5. Неперпендикулярность оси отверстия В относительно поверхн. Б не более 0,02 мм
6. Крышку подвергнуть гидравлическому испытанию вместе с дет.... под давлением 40 кгс/см²
КМТЧ. 002012. 003
Изм. Лист № докум. Подпись Дата
Разраб. Красовская
Провер. Хаскин А.
Т. контр. Хаскин А.
Н. контр.
Утв.
Крышка
Лит. Масса Масшт.
У 1:1
Лист Листов 1
СЧ15-32
ГОСТ 1412-70
КМТ
Гр. СМ-34

Рис. 300



КМТЧ 002012.002
(∇)
45
68*
R3
24*
Φ16A3
∇4
30
R10
20
53*
Развертка
25
R15
Линия сгиба
30*
R2
70
82*
105
135*
Φ12
∇4
R12
* Размеры для справок
КМТЧ. 002012.002
Скоба
Лит.
Масса
Масшт.
У
1:1
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Юфа Л. 1.3.74
Провер. Хаскин А. 7.3.74
Т.контр. Хаскин А.
Н.контр.
Утв.
Лист
Листов 1
Лист В2 ГОСТ 3680-57 / 20 ГОСТ 1050-60
КМТ
Гр. СМ-34

Рис. 301

Выносные элементы *I* и *II* раскрывают размеры проточки для метрической резьбы и глубину сверления под стопорный винт.

При нанесении размеров по длине вала в качестве основной размерной базы принята правая торцовая плоскость, относительно которой ориентированы размеры 50, 75, 125 и 235 *мм*. Кроме того, на чертеже указаны и вспомогательные базы, являющиеся ориентирами для размеров 16, 36 и 70 *мм*. Обозначение шероховатости поверхностей нанесено с учетом их конструктивного назначения.

Итак, чтобы правильно выполнить рабочий чертеж детали вращения, нужно: а) определить ее главный вид; б) выполнить требуемые дополнительные изображения (местные разрезы, сечения, выносные элементы); в) выбрать основные и вспомогательные размерные базы и проставить размеры с учетом этих баз; г) нанести обозначение шероховатости поверхности детали с учетом конструктивного ее назначения и технологии изготовления.

На рис. 300 показана крышка, изготовленная литьем. Литые детали чаще всего изображают в трех основных видах с необходимыми разрезами. Для таких деталей характерны плавные переходы поверхностей, литейные уклоны, литейные радиусы и т. п. В нашем примере на месте вида спереди выполнен полный фронтальный разрез, а на месте вида слева — сочетание половины вида с профильным разрезом. Выносной элемент позволяет раскрыть форму и размеры уплотнительной канавки. Механической обработке в литых деталях подвергается лишь часть поверхностей, соприкасающихся с другими деталями.

Особое внимание следует уделить правильному нанесению размеров на литых деталях. По ГОСТ 2.307—68 на рабочих чертежах деталей, изготовленных литьем, ковкой и штамповкой с последующей механической обработкой только части поверхностей, нужно по каждому координатному направлению указать не более одного размера, связывающего обрабатываемые и необрабатываемые поверхности. Иначе говоря, для каждой из этих групп поверхностей должны существовать свои размерные базы. В нашем примере для обработанных поверхностей размерной базой служит нижняя торцовая плоскость, а для необработанных — плоскость, обозначенная буквой *К*. Эти поверхности связаны между собою размером 45 *мм*.

В технических требованиях на литые детали указывают величину литейных уклонов, радиусов и т. п.

На рис. 301 изображена деталь (скоба), изготовленная штамповкой. Чтобы полнее представить себе форму и размеры подобной детали, рекомендуется поместить на чертеже полную или частичную ее развертку. На развертке наносят лишь те размеры, которые нельзя показать на самом чертеже. Если необходимо, на развертке указывают линии сгиба и делают соответствующие надписи. Особое внимание рекомендуется обращать на правильное определение размеров в местах сгиба детали.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие чертежи называют рабочими? Какие требования предъявляют к рабочим чертежам?
2. Какие чертежи называют эскизами и в какой последовательности рекомендуется выполнять эскиз детали с натуры?
3. Что такое конструктивная база? технологическая? измерительная? сборочная?
4. Как проставляют размеры при цепном способе? координатном? комбинированном?
5. Какие размеры называются справочными и как их записывают на чертеже?
6. Как проставляют размеры одинаковых элементов, расположенных на одной оси или на одной окружности?
7. На какие размеры допускается не ставить предельные отклонения?
8. Как нанести размер в местах сопряжения или скругления детали?
9. Как проставить размеры на плите со многими отверстиями разных диаметров?
10. Назовите инструменты, необходимые для измерения деталей.
11. Как измерить шаг резьбы?
12. Какие требования предъявляют к литым деталям?
13. Какие требования предъявляют к механически обрабатываемым деталям?
14. Укажите условные соотношения для определения размеров проточки резьбы.
15. По каким критериям оценивают шероховатость поверхности?
16. Какими знаками обозначают шероховатость поверхности и как выполняют эти знаки?

17. Как записать шероховатость поверхностей, если она одинакова для всей детали?
18. Как обозначают шероховатость поверхности резьбы? зубчатых колес?
19. Расшифруйте условное обозначение «КЧ 37-12 ГОСТ 1215—59».
20. Что означает запись «Сталь 35Г2 ГОСТ 4543—71»?
21. Прочтите условную запись «Сталь 30ХН3 ГОСТ 4543—71»?
22. В каких случаях поле чертежа принято разбивать на зоны?
23. Как заполняют основную надпись на рабочем чертеже?
24. Какие особенности выполнения рабочего чертежа «круглой» детали? литой? штампованной?

Упражнение. Решите задание карты программированного контроля по теме «Рабочие чертежи и эскизы деталей». Правильность ответов проверьте на с. 443.

Карта программированного контроля по теме „Рабочие чертежи и эскизы деталей"

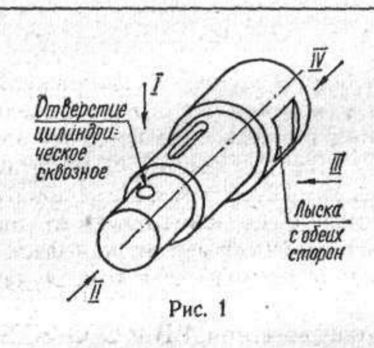


Рис. 1

1. По какому направлению проецирования (*I*, *II*, *III* или *IV*) рекомендуется выбрать главный вид детали (рис. 1)?
2. Сколько сечений нужно выполнить для выяснения конструкции детали (рис. 1)?
3. Подсчитайте, сколько размеров нужно проставить на рабочем чертеже валика (рис. 1)?
4. Какие из обозначений шероховатости поверхности нанесены неправильно (рис. 2)?
5. Какие из обозначений шероховатости поверхности проставлены неправильно в правом верхнем углу чертежа (рис. 3)?

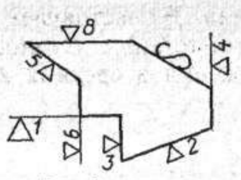


Рис. 2

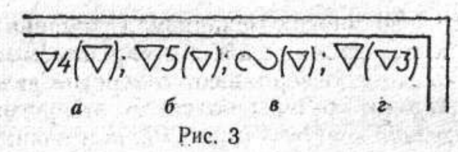


Рис. 3

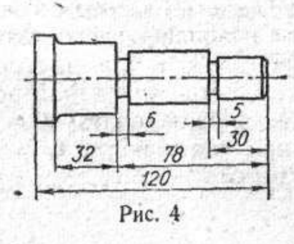


Рис. 4

6. В обозначении каких материалов допущены ошибки и как правильно следует сделать запись?
Сталь 3. ГОСТ 380—71; КЧ 35-10 ГОСТ 1215—59; Ст.25 ГОСТ 1050—60; Сталь 30Л — I ГОСТ 977—65; Латунь 68 ГОСТ 15527—70.
7. Как называется способ нанесения размеров на рис. 4?

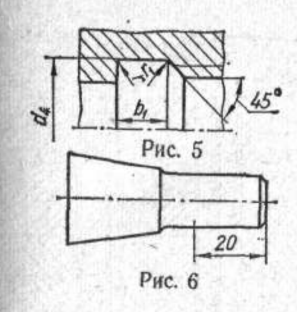


Рис. 5

Рис. 6

8. Определите по справочнику размеры нормальной проточки для наружной метрической резьбы М27. Начертите проточку и проставьте размеры.
9. На рис. 5 изображена проточка для внутренней резьбы М27 × 2 — 6*H*. Найдите размеры элементов проточки по условным соотношениям.
10. Обозначьте такую термообработку детали (рис. 6): «Цементировать *h* 0,2; *HRC* 50 ... 60 на длине 20 *мм*».

§ 21. РАЗЪЕМНЫЕ И НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

21.1. Общие положения

Различают конструктивное, упрощенное и условное изображение крепежных деталей (болтов, винтов, гаек, шпилек и т. п.) и их соединений. При конструктивном изображении размеры деталей и их элементов подбирают и вычерчивают по соответствующим стандартам. Упрощенное изображение заключается в том, что размеры крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы и упрощенно вычерчивают такие элементы, как фаски, шлицы, резьбу и др. Условное изображение применяют в том случае, когда диаметр стержня менее 2 *мм*.

В соответствии с разъяснениями Методсовета при МВ и ССО СССР, на учебных чертежах допускается несколько отходить от требований ЕСКД, если этого требует процесс обучения. В настоящем учебнике материал по соединениям излагается в соответствии с установившейся многолетней учебной практикой его изложения в средних и высших учебных заведениях.

21.2. Болтовое соединение

Болтовое соединение встречается во многих механизмах, машинах и сооружениях. Оно состоит из болта, гайки, шайбы и скрепляемых деталей. В деталях *1* и *2* (рис. 302, *а*) просверливают отверстие диаметром $(1{,}05 \div 1{,}1)\,d$, где d — диаметр резьбы болта. В отверстие вставляют болт *3* (рис. 302, *б*), надевают шайбу *5* (рис. 302, *в*) и навинчивают гайку *4* (рис. 302, *г*).

На чертежах общего вида и сборочном детали болтового соединения выполняют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы d. Эти соотношения приведены на рис. 303, *а*, *б*, *г*: внутренний диаметр резьбы $d_1 = 0{,}85d$; диаметр окружности, описанной вокруг головки болта или гайки, $D = 2d$; высота головки болта $h = 0{,}7d$; высота гайки $H = 0{,}8d$; длина нарезанной части болта $l_0 = 2d + 6$ *мм*; диаметр шайбы $D_ш = 2{,}2d$, высота шайбы $S_ш = 0{,}15d$ и т. д.

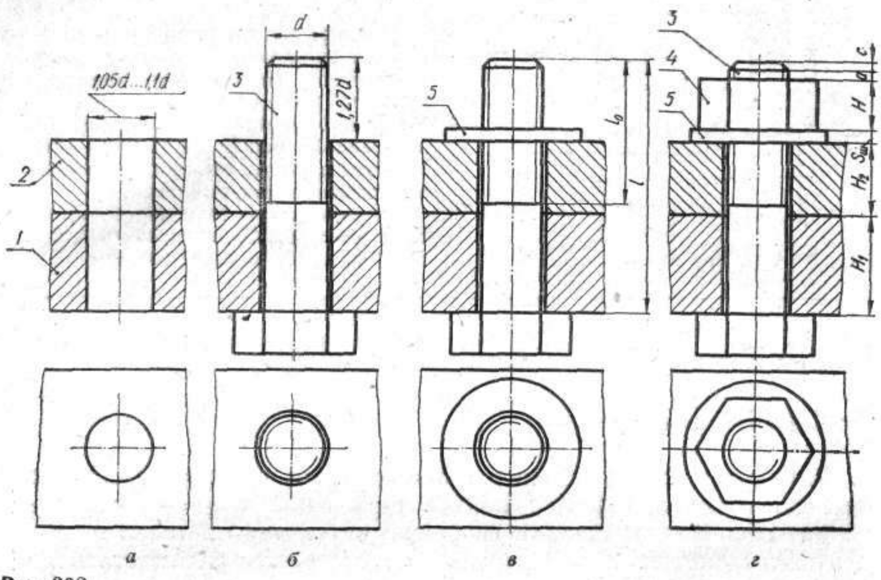


Рис. 302

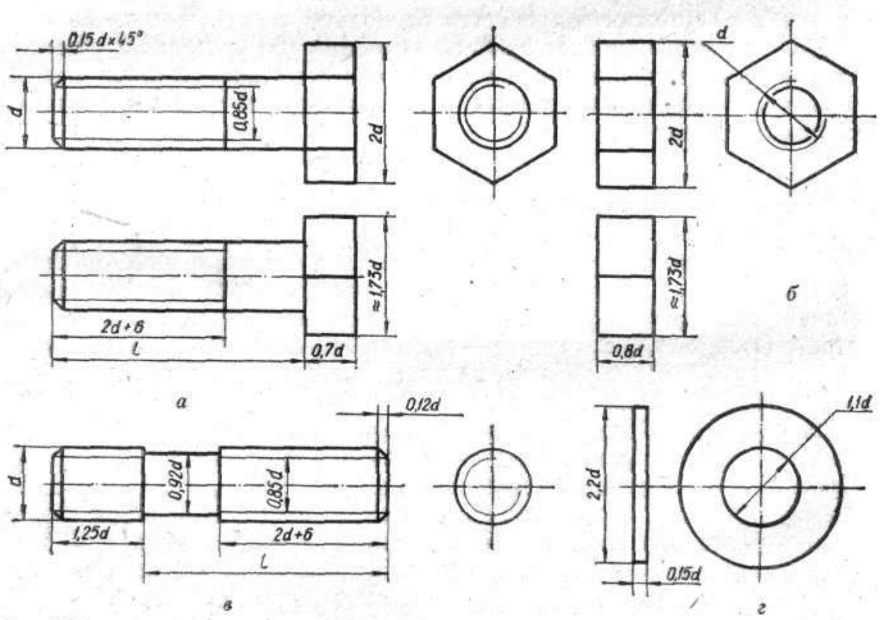


Рис. 303

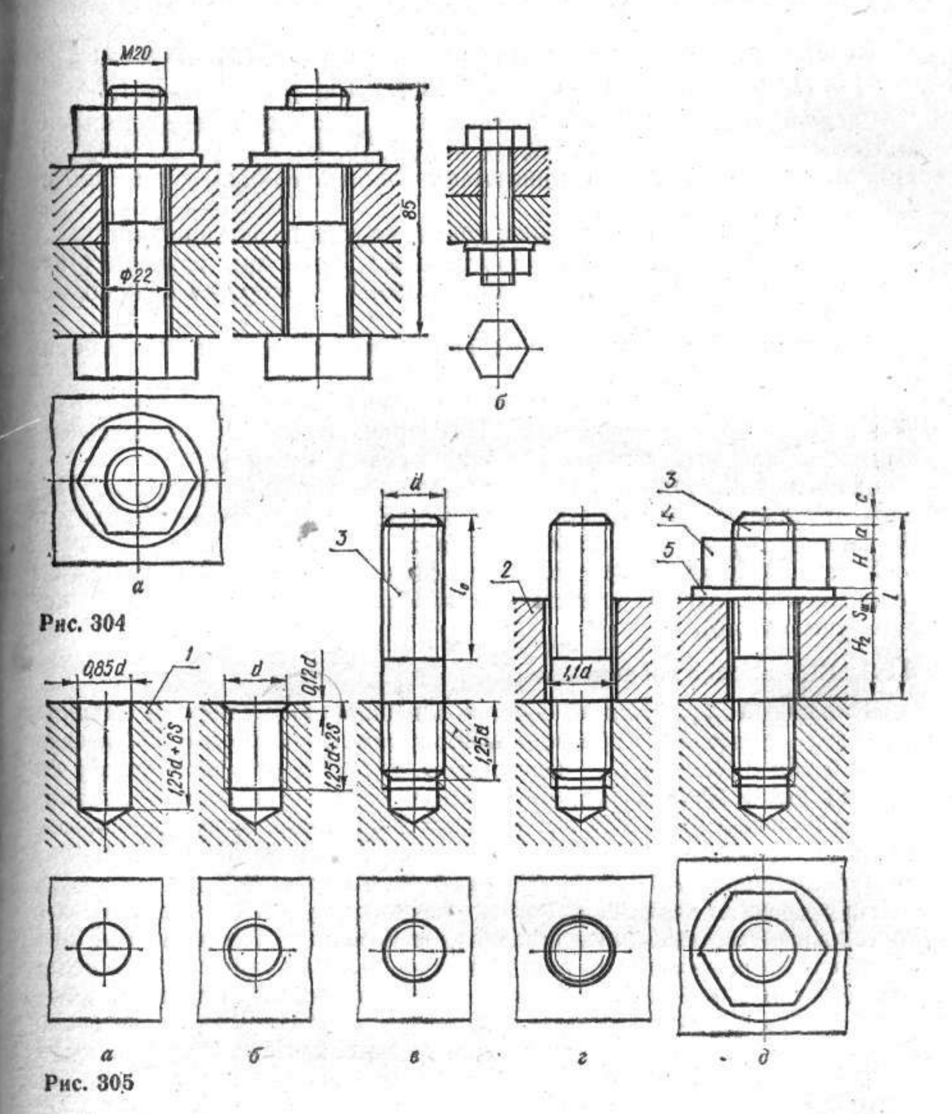


Рис. 304

Рис. 305

На рис. 304, *а* изображено болтовое соединение в виде, рекомендованном для выполнения на учебных чертежах. На месте вида спереди выполнен фронтальный разрез, а на месте вида слева — профильный. Длину болта можно определить по формуле (рис. 302, *г*)

$$l = H_1 + H_2 + S_ш + H + a + c,$$

где H_1 и H_2 — толщины скрепляемых деталей;
$S_ш$ — толщина шайбы;
H — высота гайки;
a — запас резьбы на выходе из гайки; $a = 0{,}2d$;
c — высота фаски на конце стержня болта; $c = 0{,}15d$.

Подставляя значения всех этих величин в формулу, получим:

$$l = H_1 + H_2 + 0{,}15d + 0{,}8d + 0{,}2d + 0{,}15d = H_1 + H_2 + 1{,}3d.$$

Расчетную длину болта сопоставляют с рядом длин, предусмотренных стандартом (45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120 *мм* и т. д.), и принимают ближайшее стандартное значение длины болта.

Некоторые особенности выполнения болтового соединения:

1) на чертеже соединения проставляют лишь три размера (рис. 304, *а*): диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия в скрепляемых деталях;

2) головку болта и гайку на главном изображении принято показывать тремя гранями;

3) по ГОСТ 2.305—68 болты, винты и шпильки в продольном разрезе изображают нерассеченными. На сборочных чертежах нерассеченными, как правило, изображают также гайки и шайбы;

4) смежные детали штрихуют с наклоном в разные стороны. Наклон штриховки для одной и той же детали должен быть в одну и ту же сторону на всех изображениях;

5) на чертежах общих видов и сборочных по ГОСТ 2.315—68 рекомендуется давать упрощенное изображение болтового соединения (рис. 304, *б*).

21.3. Шпилечное соединение

Шпилечное соединение состоит из шпильки, гайки и шайбы (рис. 305). В детали *1* просверливают гнездо диаметром $0{,}85d$ и глубиной $1{,}25d + 6S$, где S — шаг резьбы. В гнезде нарезают резьбу на длину $1{,}25d + 2S$ (рис. 305, *б*). Шпильку *3* резьбовым концом l_1 завинчивают в гнездо (рис. 305, *в*). В детали *2* (рис. 305, *г*) просверливают отверстие диаметром $1{,}1d$ и надевают ее на шпильку. Затем на шпильку надевают шайбу *5* и навинчивают гайку *4* (рис. 305, *д*).

На сборочном чертеже детали шпилечного соединения вычерчивают по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы d. Эти соотношения приведены на рис. 303, *б—г*. Длина ввинчиваемого резьбового конца l_1 равна d; $1{,}25d$ или $2d$ в зависимости от материала детали, в которую завинчивают шпильку (см. с. 251). Длина резьбового конца $l_0 = 2d + 6$ *мм*. Диаметр ненарезанной части шпильки $d_2 = 0{,}92d$ для шпилек типа *Б* и $d_2 = d$ для шпилек типа *А*.

Длину шпильки рассчитывают по формуле (рис. 305, *д*)

$$l = H_2 + S_ш + H + a + c,$$

где H_2 — толщина скрепляемой детали;
$S_ш$ — толщина шайбы;
H — высота гайки;
a — запас резьбы на выходе из гайки; $a = 0{,}2d$;
c — высота фаски на конце шпильки; $c = 0{,}15d$.

Подставляя эти значения в формулу, получаем:

$$l = H_2 + 0{,}15d + 0{,}8d + 0{,}2d + 0{,}15d = H_2 + 1{,}3d.$$

Расчетную длину шпильки сопоставляют с рядом длин, предусмотренных стандартами на шпильки (35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60,

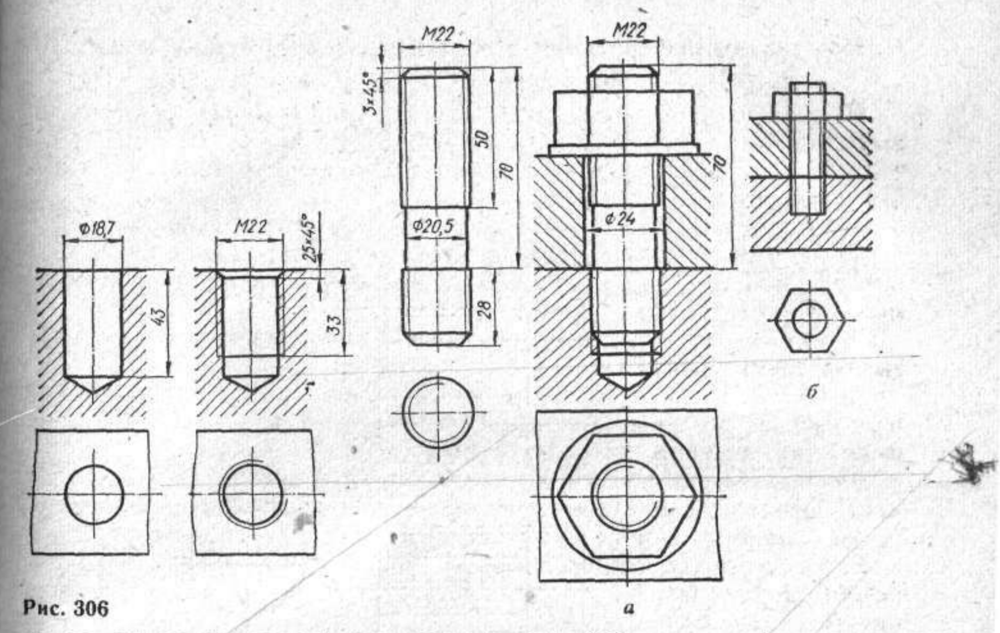


Рис. 306 *а*

65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120 *мм* и т. д.), и принимают ближайшее стандартное значение.

На рис. 306, *а* дан пример выполнения чертежа шпилечного соединения в учебном задании. Некоторые особенности выполнения шпилечного соединения:

1) линия раздела скрепляемых деталей должна совпадать с границей резьбы ввинчиваемого резьбового конца шпильки;

2) гнездо под шпильку оканчивается конусом с углом 120°. Этот конус носит технологический характер и получается от сверла;

3) нарезать резьбу до конца гнезда практически невозможно и поэтому, кроме сбега резьбы, равного $2S$, остается недорез, принимаемый равным $4S$. На сборочных чертежах допускается изображать резьбу до конца гнезда;

4) на чертеже шпилечного соединения указывают три размера: диаметр резьбы, длину шпильки и диаметр отверстия в скрепляемой детали;

5) штриховку в разрезе доводят до сплошной основной линии резьбы на шпильке и в гнезде;

6) границу резьбы в гнезде указывают на расстоянии $4S$ от основания гнезда и на расстоянии $2S$ от торцовой плоскости шпильки;

7) на сборочных чертежах рекомендуется упрощенное изображение шпилечного соединения по ГОСТ 2.315—68 (рис. 306, *б*).

21.4. Соединение винтами

Винты, как и другие крепежные детали, можно вычерчивать по стандартным размерам или по относительным, определяя все элементы в зависимости от диаметра резьбы d. На рис. 307 приведены условные

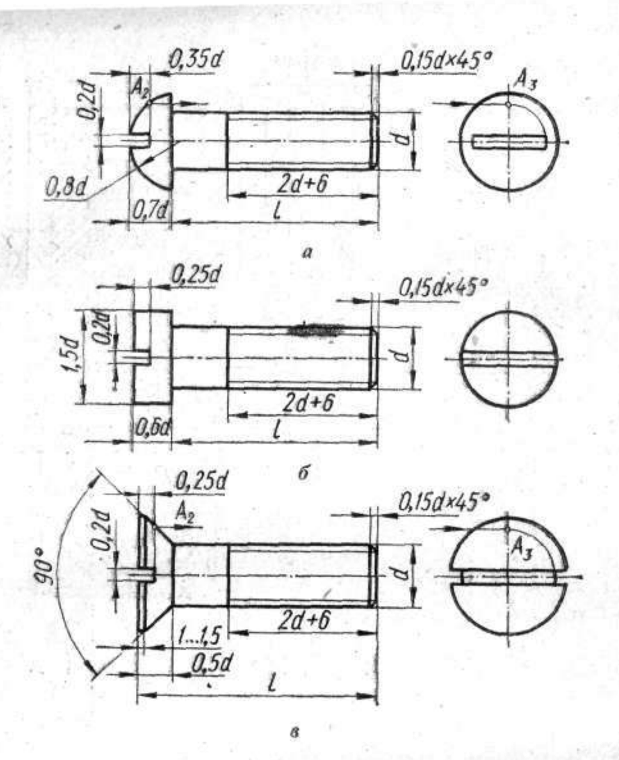


Рис. 307

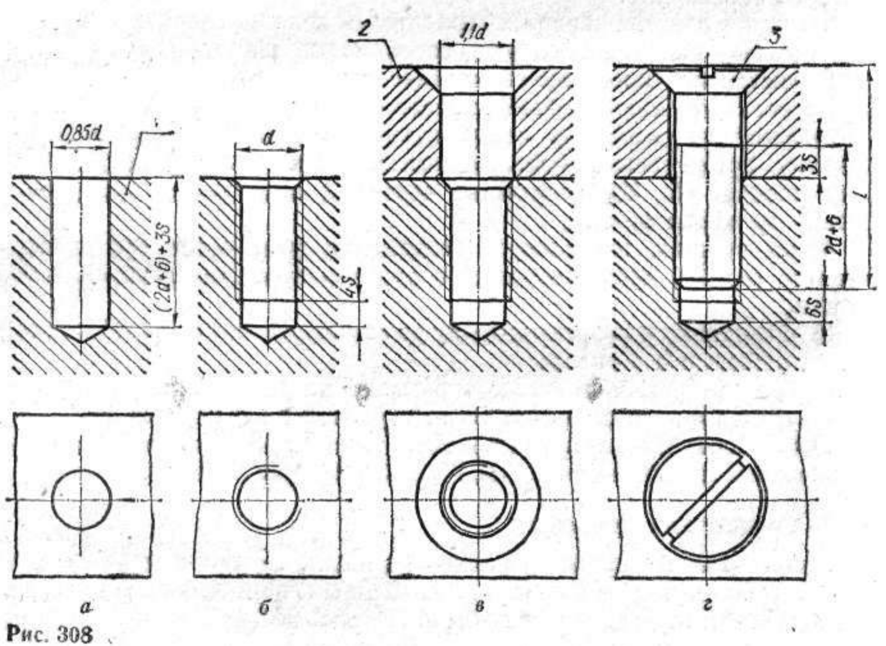


Рис. 308

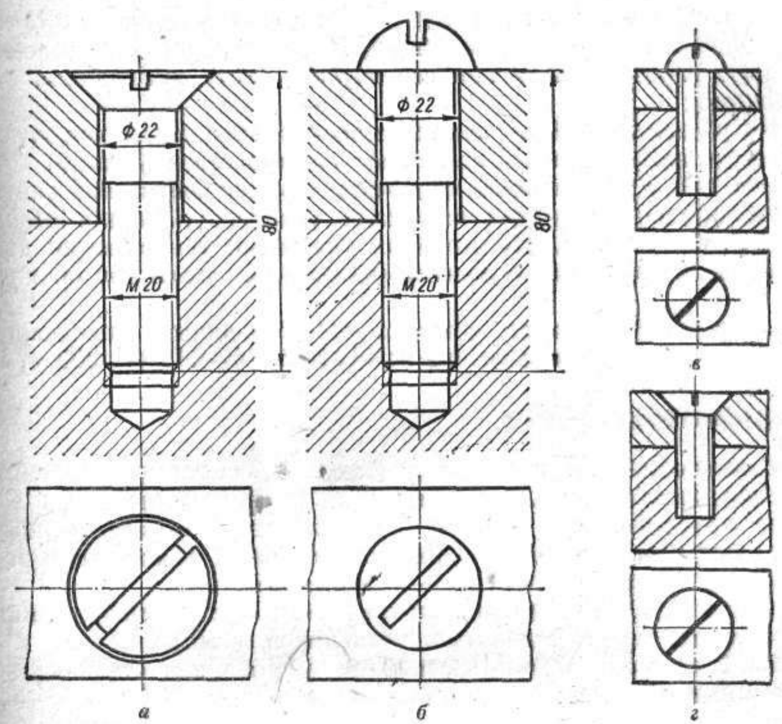


Рис. 309

соотношения для вычерчивания винтов с полукруглой, цилиндрической и потайной головками.

Винтовое соединение (рис. 308) состоит из винта *3* и деталей *1* и *2*. В детали *1* просверливают гнездо (рис. 308, *а*), в котором нарезают резьбу (рис. 308, *б*). В присоединяемой детали *2* просверливают отверстие диаметром 1,1d (рис. 308, *в*). Винт свободно входит в отверстие детали *2* и ввинчивается в деталь *1* (рис. 308, *г*). Коническая головка винта, называемая потайной, не должна выступать над поверхностью детали.

Некоторые условности изображения винтового соединения:

1) линия раздела скрепляемых деталей на чертеже должна быть ниже границы резьбы винта примерно на 3S (рис. 308, *г*);

2) шлиц в головке для отвертки располагают на видах спереди и слева перпендикулярно к фронтальной и профильной плоскостям проекций, а на виде сверху — условно под углом 45°;

3) если диаметр головки винта на чертеже меньше 12 *мм*, то шлиц рекомендуется изображать одной утолщенной линией;

4) диаметр просверленного под винт гнезда принимают равным 0,85d, а длину гнезда рассчитывают по формуле $(2d + 6) + 3S$ *мм*, где S — шаг резьбы (величина 3S получается потому, что винт недовинчивают в гнездо на эту величину);

5) на рабочих чертежах граница резьбы в гнезде должна отстоять от основания гнезда на 4*S*; на сборочных чертежах гнездо условно показывают нарезанным на всю его глубину (хотя практически это невыполнимо);

6) для головки потайного винта раззенковывают конус под углом 120°. Высота конуса должна полностью утопить головку винта.

На рис. 309, *а*, *б* приведены сборочные чертежи соединений винтами с потайной и полукруглой головками, рекомендуемые для выполнения в учебных целях. На чертежах указывают три размера: диаметр резьбы, длину винта и диаметр отверстия в детали для прохода винта.

На сборочных чертежах рекомендуется выполнять упрощенное изображение винтового соединения по ГОСТ 2.315—68 (рис. 309, *в*, *г*).

21.5. Трубное соединение

Трубные соединения широко распространены в системах отопления, вентиляции, газификации, водоснабжения, смазки машин и др. Соединения трубопроводов делятся на разъемные и неразъемные. К числу разъемных относятся соединения резьбовые, фланцевые и раструбные, а к числу неразъемных — сварные и паяные.

В резьбовых соединениях трубы соединяют при помощи соединительных частей (муфт, тройников, угольников и пр.).

Трубы. В системах водо-и газоснабжения применяют стальные неоцинкованные (черные) или оцинкованные трубы по ГОСТ 3262—62. В зависимости от толщины стенок различают трубы обыкновенные, усиленные и облегченные. На концах труб нарезают трубную цилиндрическую (ГОСТ 6357—72) или трубную коническую (ГОСТ 6211—69) резьбу.

Задают трубы величиной $D_у$ условного прохода, который приближенно равен внутреннему диаметру трубы. По величине $D_у$, пользуясь справочником, определяют размеры трубы и соединительных частей. Изготавливают трубы из стали марок Ст0, Ст1 (ГОСТ 380—71) и др.

В условном обозначении труб указывают: 1) слово «Труба»; 2) знак покрытия (букву «О» для оцинкованных труб); 3) буквы «Ц» или «К» в зависимости от типа резьбы (цилиндрическая или коническая); 4) величину условного прохода в *мм*; 5) номер стандарта. Например: «Труба О-Ц 20 ГОСТ 3262—62»; «Труба О-К 20 ГОСТ 3262-62». Для усиленных труб в обозначении после слова «Труба» пишут букву «У», а для облегченных — букву «Л». На рис. 310 и в табл. 14 приведены выборочные размеры труб по ГОСТ 3262—62.

Соединительные части — это прямые (рис. 311, *а*; 312) и переходные муфты, угольники (рис. 311, *б*; 312), тройники (рис. 311, *в*; 312), колпаки, контргайки (рис. 312) и др. На рис. 312 и в табл. 15 даны конструктивные чертежи и приведены выборочные размеры для прямой короткой муфты (ГОСТ 8954—59), угольника (ГОСТ 8946—59), тройника (ГОСТ 8948—59) и контргайки (ГОСТ 8961—59).

Соединительные части изготовляют из ковкого чугуна марок КЧ 30-6, КЧ 35-10 и др. по ГОСТ 1215—59. В условном обозначении

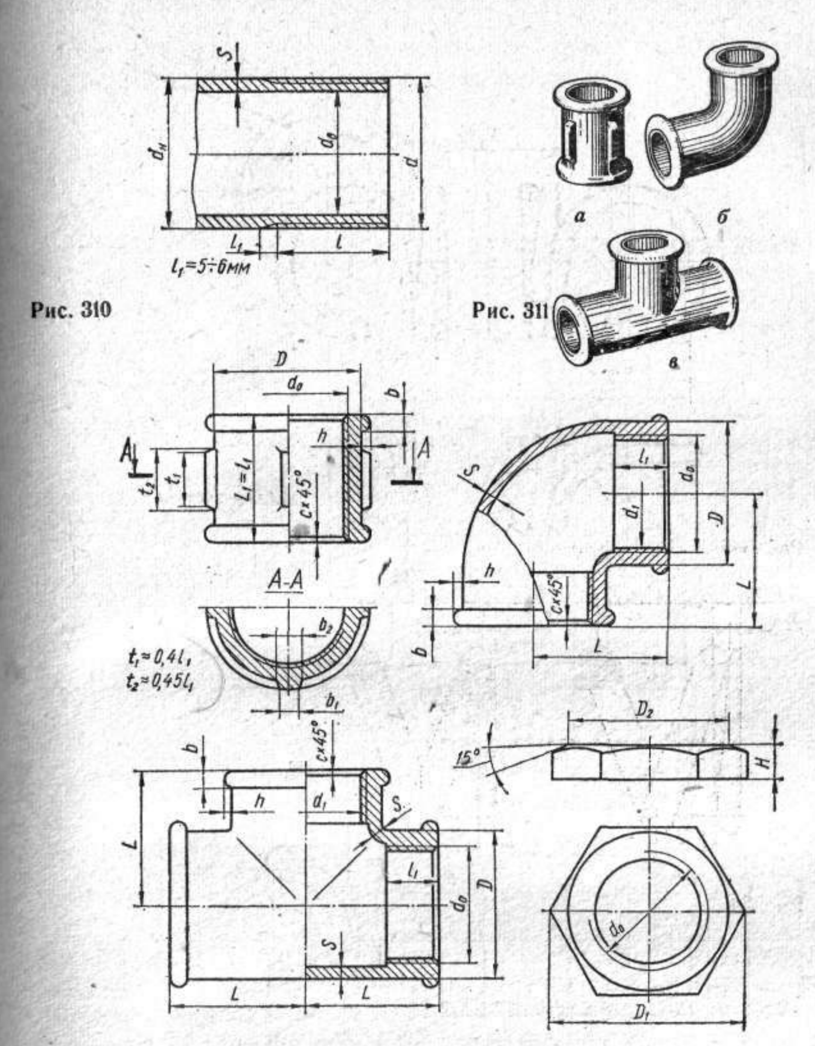


Рис. 310

Рис. 311

Рис. 312

соединительных частей указывают: 1) наименование детали; 2) знак покрытия (буква «О» для оцинкованных деталей); 3) диаметр условного прохода, *мм*; 4) номер стандарта, например: «Муфта короткая 40 ГОСТ 8954-59»; «угольник О-40 ГОСТ 8946—59» и т. д.

Чертежи трубных соединений. На рис. 313 приведены чертежи трубных соединений, выполненные короткой муфтой (рис. 313, *а*), угольником (рис. 313, *б*) и тройником (рис. 313, *в*). Соединения выполнены в двух изображениях: главное изображение представляет совмещение части вида с частью простого фронтального разреза, а второе изображение — сочетание половины вида слева с простым профильным разрезом.

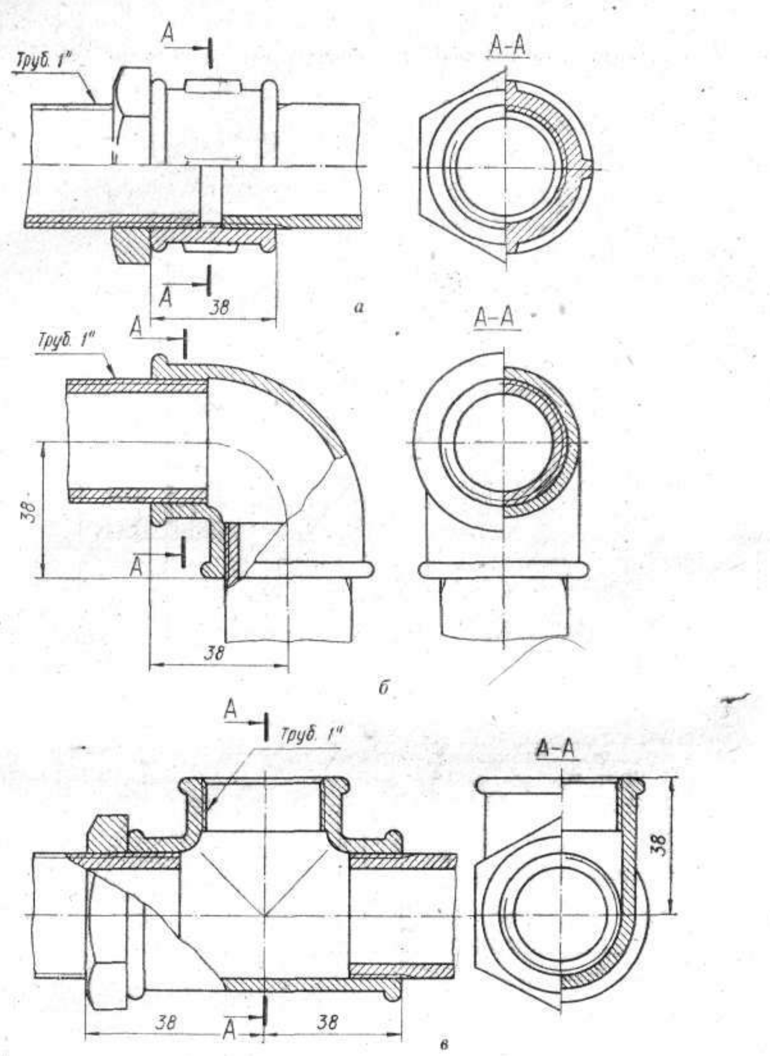


Рис. 313

Перед тем как приступать к вычерчиванию трубного соединения, необходимо по значению условного прохода подобрать по таблицам размеры трубы и соединительных частей. Обратите внимание на некоторые особенности выполнения задания:

1) для полностью завинченной трубы за торец соединительной части выходит только сбег резьбы (на чертежах он изображен тонкой наклонной линией);

2) чтобы можно было демонтировать трубное соединение, например при ремонтных работах, на конце одной из труб нарезают более длинную резьбу-сгон (рис. 313, *а*). Длину сгона берут из такого рас-

Таблица 14

Выборочные размеры стальных водо- и газопроводных труб (по ГОСТ 3262—62), *мм*

Условный проход $D_у \approx d_в$	Наружный диаметр трубы $d_н$	Толщина S стенки трубы		Резьба		
		обыкновенной	усиленной	Внешний диаметр d	Число ниток на 1"	Длина l резьбы до сбега
20	26,75	2,75	3,5	26,442	14	16
25	33,5	3,25	4,0	33,25	11	18
32	42,25	3,25	4,0	41,912	11	20
40	48	3,5	4,25	47,805	11	22
50	60	3,5	4,25	59,616	11	24

Таблица 15

Выборочные размеры соединительных частей (муфт, угольников, тройников, контргаек) с цилиндрической резьбой для трубопроводов (по ГОСТ 8954—59, 8946—59, 8948—59 и 8961—59), *мм*

Условный проход $D_у$	Резьба			
	d	Внешний диаметр d_0	Внутренний диаметр d_1	Длина l_1
20	Труб. 3/4"	26,442	24,119	13,5
25	» 1"	33,250	30,293	15,0
32	» $1^1/_4$"	41,912	38,954	17,0
40	» $1^1/_2$"	47,805	44,847	19,0
50	» 2"	59,616	56,695	21,0

Условный проход $D_у$	Конструктивные размеры											
	D	D_1	D_2	S	b	b_1	b_2	h	L	L_1	H	c
20	33,0	41,6	33	3,0	4,0	2	4,0	2,5	33	31	9	2,0
25	40,7	53,1	43	3,3	4,0	2,5	4,5	2,5	38	35	10	2,5
32	49,8	63,5	52	3,6	4,0	2,5	5,0	3,0	45	39	11	3,0
40	56,4	69,3	56	4,0	4,0	3,0	5,0	3,0	50	43	12	3,5
50	69,5	86,5	70	5,0	5,0	3,0	6,0	3,5	58	47	13	4,0

чета, чтобы можно было свинтить контргайку, муфту и еще остался бы запас резьбы 5—7 *мм*;

3) трубное соединение выполняют как конструктивный чертеж, без упрощений, т. е. вычерчивают все элементы деталей — буртики, фаски, ребра и т. п.

21.6. Шпоночные соединения

Шпонки применяют для разъемного соединения деталей при передаче крутящего момента и осевой силы. Шпоночное соединение состоит *из колеса, вала и шпонки*. В специальную канавку-паз, выполненную

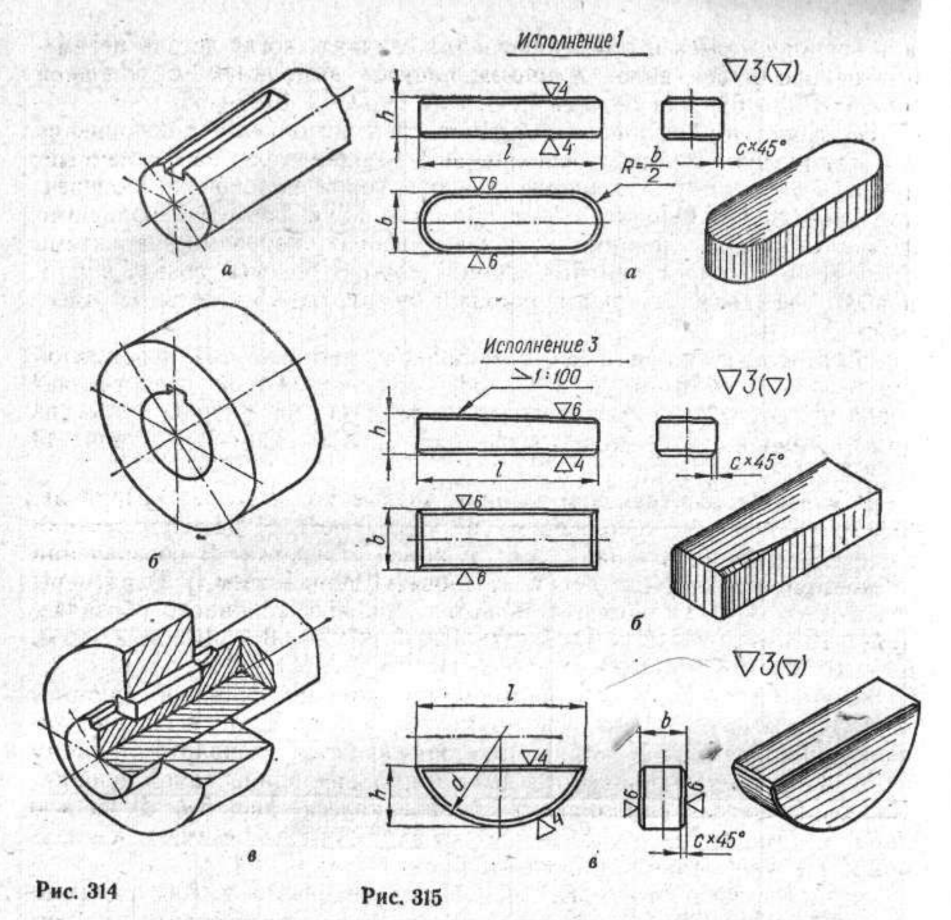


Рис. 314

Рис. 315

на валу (рис. 314, *а*), вставляют шпонку и насаживают на вал колесо (рис. 314, *б*) так, чтобы паз ступицы колеса попал на выступающую часть шпонки (рис. 314, *в*). Форма и размеры паза в обеих деталях должны соответствовать поперечному сечению шпонки, которая своими гранями сопрягается с гранями пазов колеса и вала.

Стандартами предусмотрены напряженные и ненапряженные шпоночные соединения. В напряженных соединениях, которые способны передавать крутящий момент и осевую силу, шпонки имеют вид клина; ненапряженные соединения, выполняемые при помощи призматических и сегментных шпонок, передают только крутящий момент.

Шпонка — граненая деталь, обеспечивающая одновременное вращение вала и насаженного на него колеса.

Размеры и конструкции шпонок стандартизованы. По конструкции шпонки разделяются на призматические (рис. 315, *а*), клиновые (рис. 315, *б*) и сегментные (рис. 315, *в*).

Призматические шпонки бывают обыкновенные (ГОСТ 8789—68) и направляющие (ГОСТ 8790—68). Последние крепят винтами к валу

или ступице колеса и применяют в тех случаях, когда деталь перемещается вдоль оси вала. *Клиновые шпонки* выполняют с головкой (ГОСТ 8793—68) или без нее (рис. 315, *б*; ГОСТ 8792—68).

По форме торцов шпонки бывают трех исполнений: исполнение *1* — закругленные торцы; исполнение *2* — один торец закругленный, другой — плоский; исполнение *3* — оба торца плоские. В поперечном сечении все шпонки имеют прямоугольную форму с небольшими фасками или скруглениями на боковых ребрах. Рабочими элементами призматических и сегментных шпонок служат боковые грани, а клиновых — верхняя и нижняя широкие грани, одна из которых имеет уклон 1 : 100.

Изготовляют шпонки из специальной чистотянутой шпоночной стали (ГОСТ 8786—68 и 8787—68), сечение которой представляет собой прямоугольник или сегмент с фасками на ребрах, либо из других марок, например, Ст5, Ст6 (ГОСТ 380—71), сталь 45 (ГОСТ 1050—60) и др.

В условном обозначении шпонок указывают: 1) слово «Шпонка»; 2) вид исполнения (исполнение *1* не указывают); 3) размеры сечения ($b \times h$); 4) длину шпонки, *мм*; 5) номер стандарта. В обозначении сегментной шпонки указывают: 1) слова «Шпонка сегм.»; 2) размеры сечения ($b \times h$); 3) номер стандарта. Примеры условного обозначения: «Шпонка 2—18 × 11 × 100 ГОСТ 8792—68»; «Шпонка сегм. 6 × 10 ГОСТ 8795—68».

Чтобы соединить вал с колесом при помощи клиновой шпонки, на валу фрезеруют паз в виде прямоугольной по ширине шпонки канавки (рис. 314, *а*). Глубина паза определяется стандартом. Длину паза на валу берут примерно в два раза больше длины самой шпонки. Подобный же паз выполняют в ступице колеса (рис. 314, *б*) на всю длину ступицы. Паз, выполненный на валу, уклона не имеет, а в ступице паз выполняют с уклоном шпонки, т. е. 1 : 100.

Для выполнения чертежа шпоночного соединения нужно по заданному диаметру D вала и длине L ступицы колеса подобрать из стандарта размеры шпонки b, h, глубину пазов t, t_1 и другие данные.

Пример. Если задано вычертить соединение клиновой шпонкой исполнения *1* без головки вала диаметром $D = 35$ *мм* с колесом, у которого длина ступицы $L = 40$ *мм* то по ГОСТ 8791—68 и 8792—68 находим:

1) размеры сечения шпонки — ширина $b = 10$ *мм*, высота $h = 8$ *мм*;
2) глубина паза в валу $t = 5{,}0$ *мм*;
3) глубина паза в ступице $t_1 = 2{,}4$ *мм*.

Длину шпонки принимаем равной длине ступицы колеса, т. е. $l = L = 40$ *мм*. Принятую длину шпонки сверяем с длинами, предусмотренными стандартами, и выбираем ближайшее стандартное значение.

Соединение с клиновой шпонкой вычерчивают в двух изображениях (рис. 316, *а*): показывают вид спереди с местным разрезом, чтобы открыть шпонку, и профильный разрез, располагаемый на месте вида слева; в продольном разрезе шпонку оставляют нерассеченной.

Соединение с призматической шпонкой (рис. 316, *б*) выполняют в той же последовательности с такими отличиями:

а) длину паза в валу принимают равной длине самой шпонки. Длину шпонки берут на 5—6 *мм* меньше длины ступицы колеса;

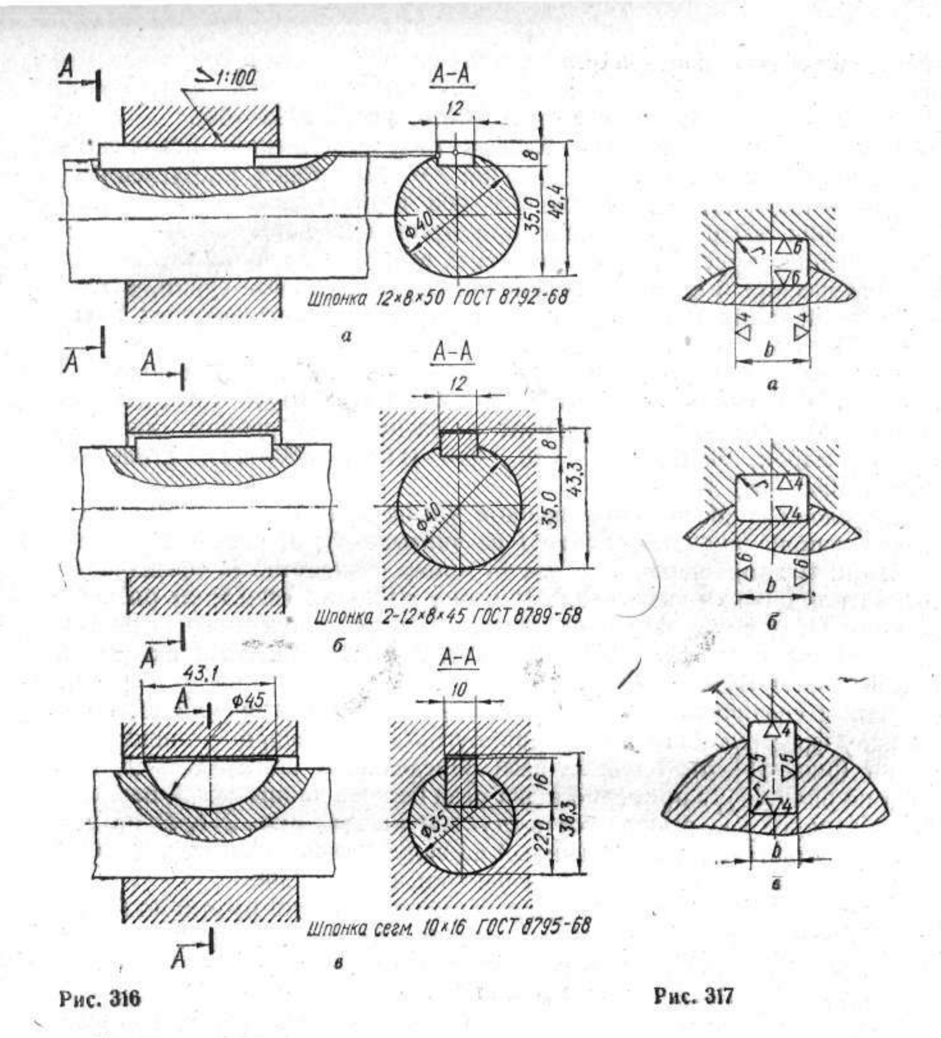


Рис. 316

Рис. 317

б) паз в ступице колеса уклона не имеет;

в) между верхней нерабочей гранью призматической шпонки и основанием паза в ступице колеса имеется небольшой зазор (0,2—0,3 *мм*). На чертеже этот зазор показывают увеличенным (рис. 316, *б*);

г) для одного и того же диаметра вала размеры клиновой и призматической шпонок b и h одинаковы за исключением глубины паза в ступице колеса (на рис. 316 для клиновой шпонки $t_1 = 2{,}4$ *мм*, а для призматической $t_1 = 3{,}3$ *мм*).

Сегментные шпонки, как и призматические, передают крутящий момент боковыми гранями. На рис. 316, *в* изображено соединение сегментной шпонкой вала с колесом.

Необходимая шероховатость поверхностей пазов для клиновой шпонки показана на рис. 317, *а*, для призматической — на рис. 317, *б*, а для сегментной — на рис. 317, *в*.

21.7. Шлицевые соединения

Шлицевое соединение представляет собой многошпоночное соединение, в котором шпонки выполнены заодно с валом и расположены параллельно его оси.

Наибольшее распространение получили шлицевые соединения с прямобочной, эвольвентной и треугольной формами зубьев (шлицев).

Для прямобочных шлицевых соединений (рис. 318, *а*) ГОСТ 1139—58 предусматривает три серии — легкую, среднюю и тяжелую, отличающиеся высотой и количеством зубьев. Каждая серия предназначена соответственно для малонагруженных, средненагруженных соединений и тяжелых условий работы. На вершинах зубьев выполняют фаски или скругления (рис. 318), а на углах впадин — канавки (исполнение *А* — рис. 318, *г*) или скругления (исполнение *Б* — рис. 318, *б*, *в*). Впадины с канавками (исполнение *А*) применяются при центрировании по внутреннему диаметру *d* (см. ниже).

Центрируют прямобочные шлицевые соединения тремя способами: по наружному диаметру *D* (рис. 318, *в*), внутреннему диаметру *d* (рис. 318, *г*) и боковым граням *b* зубьев (рис. 318, *б*). Центрирование по *D* и *d* обеспечивает соосность вала и втулки и применяется в механизмах, где требуется высокая кинематическая точность. Центрирование по боковым граням обеспечивает высокую прочность соединения. Наиболее удобно в изготовлении, экономично и распространено центрирование по наружному диаметру *D*.

Эвольвентные шлицевые соединения выполняют по ГОСТ 6033—51. Профиль зубьев ограничен окружностями вершин и впадин и эвольвентами по боковым поверхностям. Центрируют эвольвентные соединения по наружному диаметру *D* и боковым граням *S* зубьев.

На чертежах шлицевые соединения и их элементы изображают условно по ГОСТ 2.409—68:

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев на валу и в отверстии изображают сплошной основной линией, а впадин — сплошной тонкой линией (рис. 319, *а*, *б*). Тонкая линия должна пересекать границу фаски.

2. В продольном разрезе сплошной основной линией изображают образующие поверхностей как вершин, так и впадин (рис. 319, *а*, *б*). В поперечном разрезе окружность впадин вычерчивается тонкой линией.

3. Границу между шлицевой и нешлицевой поверхностями детали, а также между шлицами полного профиля и сбегом, изображают сплошной тонкой линией (рис. 319, *а*).

4. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси шлицевого вала или отверстия, изображают профиль одного зуба (выступа) и двух впадин без фасок, канавок и закруглений (рис. 319, *а*, *б*). На этих изображениях не показывают также фаски на конце шлицевого вала или отверстия.

5. При изображении шлицевого соединения показывают только ту часть поверхности вершин отверстия, которая не закрыта валом,

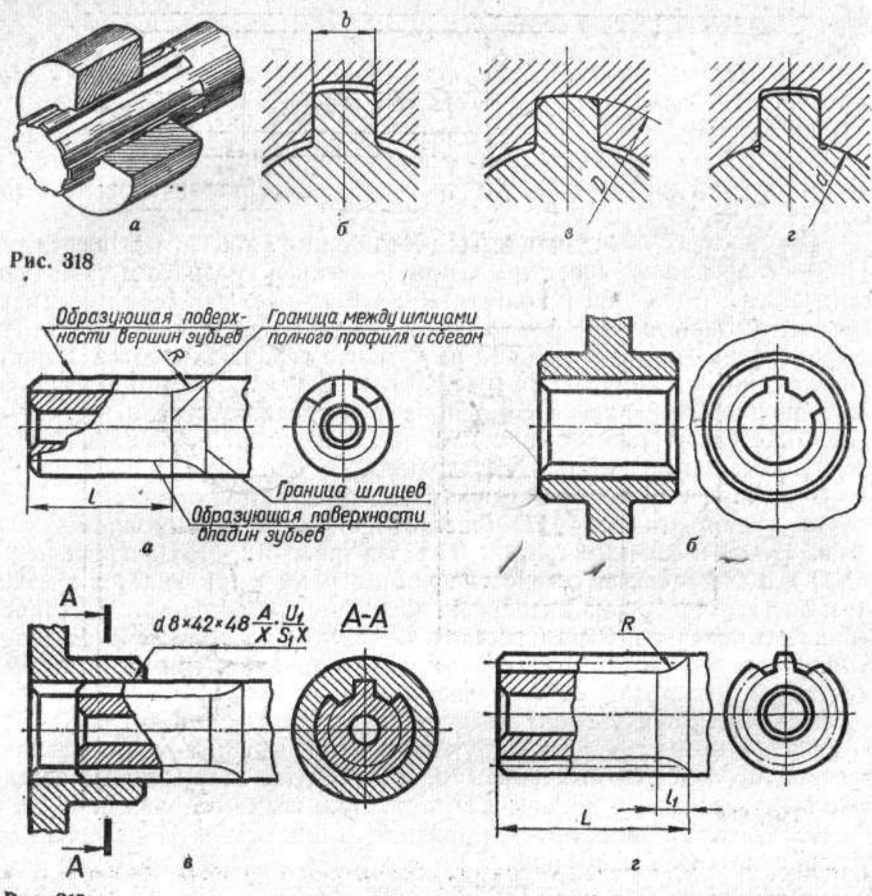


Рис. 318

Рис. 319

причем радиальный зазор между вершинами и впадинами не показывают (рис. 319, *в*).

6. На чертежах деталей с эвольвентными шлицами, кроме перечисленного, наносят образующие и окружности делительной поверхности тонкой штрих-пунктирной линией (рис. 319, *г*).

7. На сборочных чертежах допускается показывать на полке линии-выноски условное обозначение шлицевого соединения (рис. 319, *в*).

В условном обозначении шлицевых валов, отверстий и их соединений указывают: 1) обозначение поверхности центрирования — *D*, *d* или *b*; 2) номинальные параметры отверстия, вала или соединения — *z*, *d* и *D*; 3) обозначение полей допусков (посадок) по центрирующему диаметру и по боковым граням зубьев.

Допуски на центрирующий диаметр для отверстий указывают буквой *А* (система отверстия) по 2 или 2а классам точности, а для вала — условным обозначением посадки, например: П, X, Л. Для

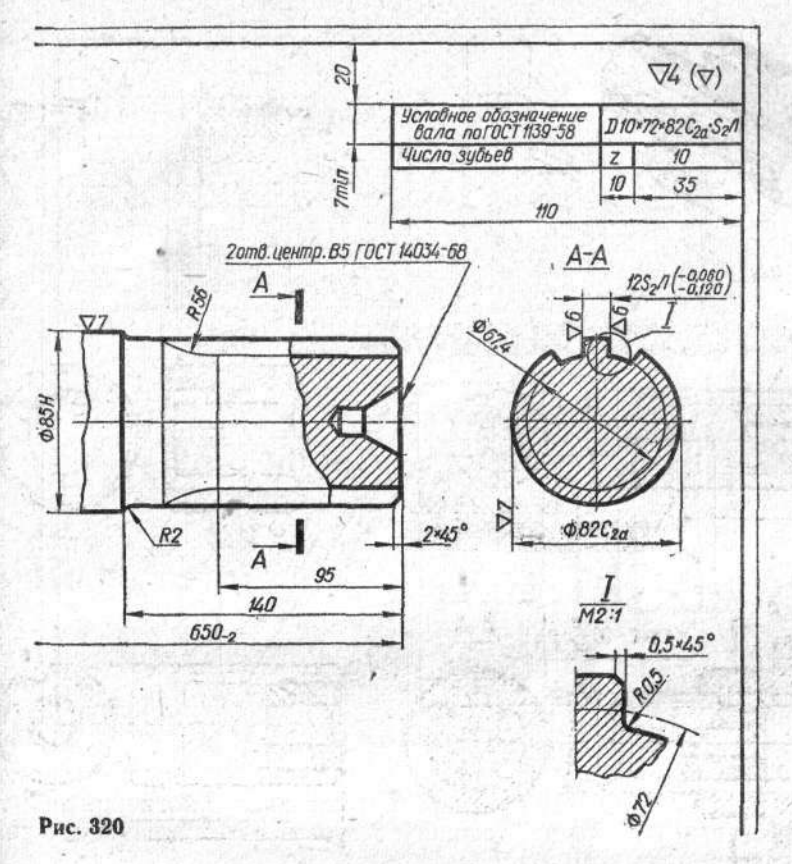


Рис. 320

толщины b зубьев посадка пазов обозначается условно буквой U и классом точности, например U_3, U_4, а для вершин зубьев — условной буквой S, классом точности и обозначением посадки, например: S_1П; S_1С; S_2Х.

Пример условного обозначения шлицевого вала: $d8 \times 42 \times 48$Х $\cdot$ S_1Х — вал со шлицами прямобочного профиля, центрирование по d, $z = 8$, $d = 42$ *мм*, $D = 48$ *мм*, допуск по внутреннему диаметру — под ходовую посадку 2-го класса точности, допуск по толщине зубьев — S_1Х.

Пример условного обозначения шлицевого отверстия: $d8 \times 42 \times 48A \cdot U_1$ — центрирование по d, $z = 8$, $d = 42$ *мм*, $D = 48$ *мм*, допуск для диаметра d — по системе отверстия 2-го класса точности, допуск по ширине паза для зубьев — U_1.

Пример условного обозначения соединения: $d8 \times 42 \times 48 \frac{A}{X} \cdot \frac{U_1}{S_1X}$.

ГОСТ 2.409—68 формулирует следующие правила выполнения рабочих чертежей шлицевых валов и отверстий:

1. На продольных изображениях шлицевых валов указывают длину l зубьев полного профиля до сбега (рис. 319, *а*). Допускается показывать полную длину L зубьев и отдельно длину сбега l_1 (рис. 319, *г*) или наибольший радиус R инструмента (рис. 319, *а*, *г*).

∇3 (∇)

Условное обозначение вала по ГОСТ 6033-51	Эв 70×3,5×18S_{3a}X	
Модуль	m	3,5
Число зубьев	z	18
Диаметр ролика	d_p	7±0,001
Размер по роликам	$M_в$	$76,96_{-0,07}$
Толщина зуба по хорде делительной окружности	$\bar{S}_д$	7,5
Диаметр делительной окружности	$d_д$	63

* Размер для справок

Рис. 321

2. На поперечных изображениях деталей со шлицами прямобочного профиля указывают размеры и предельные отклонения диаметров D выступов и d впадин, толщину b зубьев валов и ширину b впадин отверстий (рис. 320).

3. Радиусы скруглений r и фаски f на зубьях и впадинах рекомендуется показывать на выносных элементах (рис. 320).

4. На рабочем чертеже шлицевой детали должна быть таблица параметров для изготовления и контроля элементов соединения (рис. 320). На рис. 320 дан пример оформления рабочего чертежа вала со шлицами прямобочного профиля, а на рис. 321 — рабочего чертежа вала со шлицами эвольвентного профиля.

21.8. Заклепочные соединения

Заклепочные соединения применяют в конструкциях, работающих под действием ударных и вибрационных нагрузок, в соединениях деталей из металлов, плохо поддающихся сварке, в соединениях металлических изделий с неметаллическими (например с кожей, пластиком), в тонколистовых конструкциях из легких сплавов и др. Заклепочные соединения все более уступают место сварным, паяным и клееным.

Заклепка — стержень круглого поперечного сечения с головкой на конце.

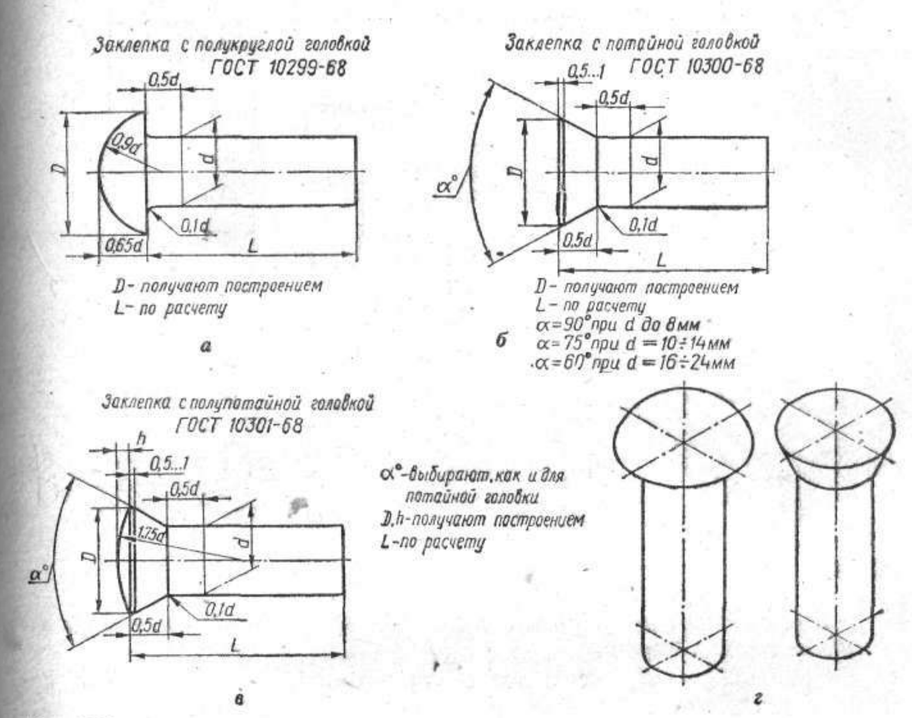


Рис. 322

Наиболее распространены заклепки с полукруглой (ГОСТ 10299—68), потайной (ГОСТ 10300—68) и полупотайной головками (ГОСТ 10301—68). Размеры заклепок для рабочих чертежей берут из соответствующих стандартов, а для сборочных чертежей рассчитывают по условным соотношениям в зависимости от диаметра стержня *d* (рис. 322).

В условном обозначении заклепок на чертежах указывают: 1) слово «Заклепка»; 2) диаметр стержня, *мм*; 3) длину стержня, *мм*; 4) группу материала; 5) группу покрытия; 6) номер размерного стандарта.

Марки материалов и их условные обозначения, а также виды, условные обозначения и толщины покрытий должны соответствовать ГОСТ 10304—70. Приведем примеры условного обозначения марок (групп) материала: 00—Ст2; 01 — сталь 10, 10кп; 02 — Ст3; 03 — сталь 15, 15кп; 10 — легированная сталь марки 09Г2; 32 — латунь марки Л63; 38 — медь марки М3 и др.

Примеры условного обозначения заклепок:

«Заклепка 8 × 20 ГОСТ 10299—68» — заклепка с полукруглой головкой диаметром 8 *мм*, длиной 20 *мм* из материала группы 00, без покрытия;

«Заклепка 8 × 20.38.М3.11 ГОСТ 10300—68» — заклепка с потайной головкой диаметром 8 *мм*, длиной 20 *мм*, из материала группы 38 — медь марки М3, покрытие группы 11 (пассивное);

«Заклепка 8 × 20.01.01 ГОСТ 10301—68» и т. д.

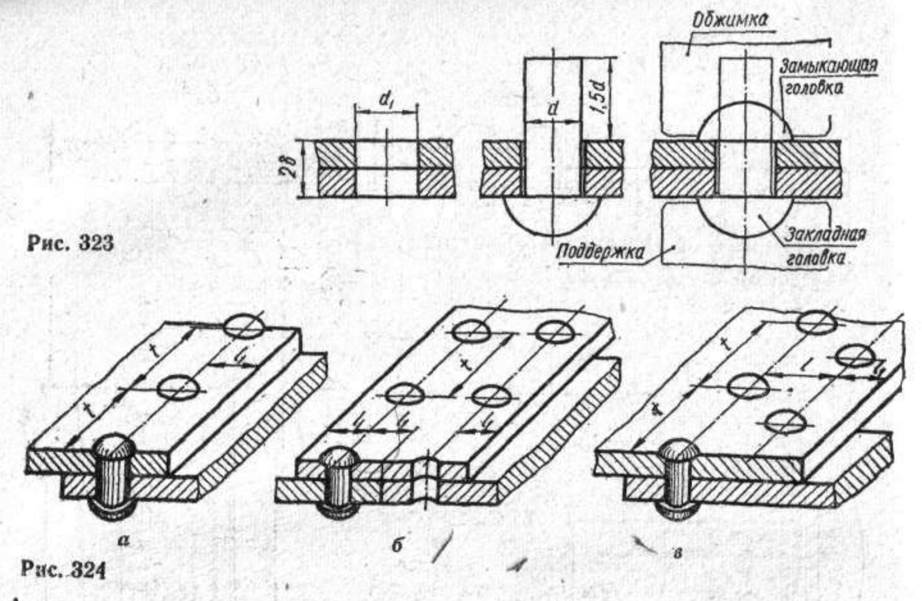


Рис. 323

Рис. 324

Заклепочным швом называется неразъемное соединение деталей при помощи заклепок.

На рис. 323 изображены два листа металла, которые нужно соединить заклепками. Для этого в скрепляемых листах просверливают или продавливают отверстие, в которое вставляют стержень заклепки. Замыкающая головка образуется осаживанием выступающей части стержня пневматическим молотком или на специальном прессе. Процесс клепки может происходить с предварительным разогревом заклепки или без него. Холодная клепка применяется при диаметрах стержня до 12 *мм*.

Заклепки, размещаемые рядами в определенном порядке, образуют заклепочный шов. Швы разделяются по следующим признакам:

а) по назначению — на прочные, плотные и прочно-плотные;

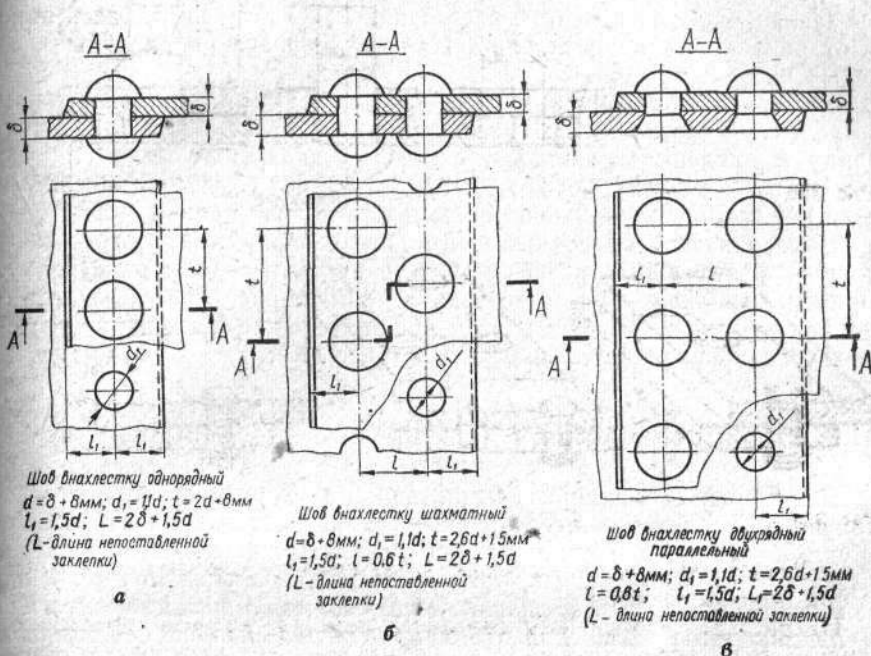
б) по характеру взаимного расположения соединяемых деталей — на швы внахлестку (рис. 324, *а*, *в*) и в стык с одной (рис. 324, *б*) или двумя накладками;

в) по количеству рядов заклепок — на однорядные (рис. 324, *а*), двухрядные (рис. 324, *б*, *в*) и многорядные;

г) по расположению заклепок — на параллельные (рис. 324, *б*) и шахматные (рис. 324, *в*).

На рис. 325 приведены формулы, по которым в соответствии с нормами Котлонадзора рассчитывают прочно-плотные швы. В учебном задании задается тип шва, толщина δ скрепляемых листов металла и тип заклепки. Последовательность выполнения задания такова:

1. По формулам, приведенным на рис. 325, рассчитывают диаметр заклепки. Найденное значение сравнивают со стандартным (2,5; 3; (3,5); 4; 5; 6; 8; 10; 12; (14); 16; (18); 20; (22); 24 *мм* и др.) и в расчет принимают ближайшее стандартное значение диаметра.



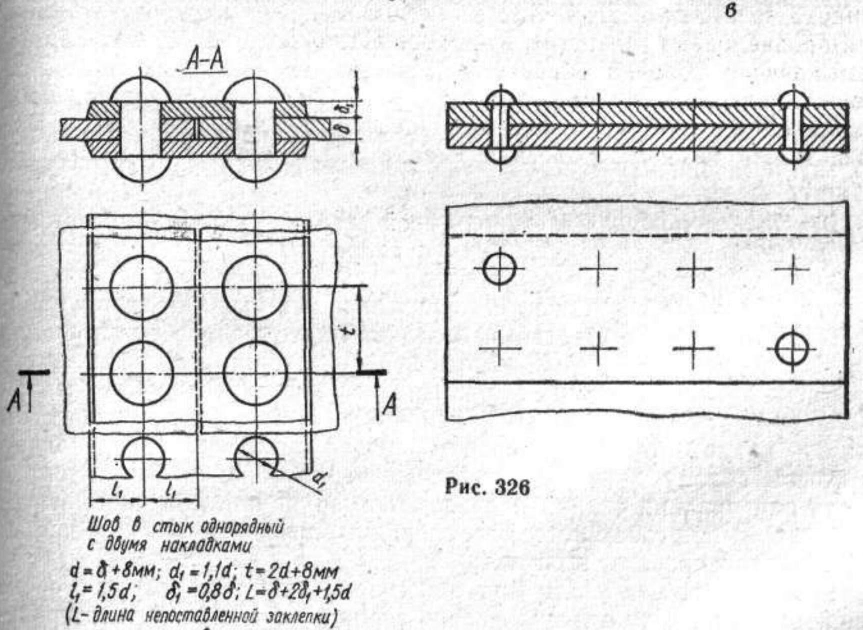


Рис. 325

Рис. 326

2. По выбранному значению d рассчитывают остальные параметры заклепочного шва: шаг t, расстояние l между рядами, расстояние l_1 от ряда до края листа и др. Найденные значения округляют до целых чисел.

3. Определяют размеры элементов заклепки по стандарту или по условным соотношениям в зависимости от d (рис. 322). Найденную длину L заклепки сравнивают с рядом стандартных длин (10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50 *мм* и др.) и подбирают ближайшее стандартное значение.

Вычерчивают заклепочный шов в двух изображениях: показывают полный фронтальный разрез на месте вида спереди и вид сверху. Пример выполнения учебного задания дан на рис. 325, *г* (без надписей под чертежом). По ГОСТ 2.313—68 размещение заклепок на чертежах условно указывают знаком «+» (рис. 326).

21.9. Сварные соединения

В современном машиностроении сварка служит основным способом получения неразъемных соединений. Сварные соединения уменьшают трудоемкость изготовления изделий и приводят к экономии металла.

Сваркой называется процесс получения неразъемного соединения твердых тел путем местного их нагревания до расплавленного или пластического состояния (без применения или с применением механических усилий).

Применяемые в настоящее время способы сварки можно разделить на два основных вида: сварку плавлением и сварку давлением.

Основной вид сварки плавлением — электродуговая сварка плавящимся электродом. При этом способе для расплавления металла используется тепловая энергия электрической дуги с температурой ~6000 °С.

Различают три вида электродуговой сварки: ручную, полуавтоматическую и автоматическую. Ручную сварку применяют при изготовлении конструкций из малоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей, а также для сварки ряда цветных металлов и сплавов. В качестве электродов используют специальную электродную проволоку диаметром 1—12 *мм* с тонким или толстым флюсовым покрытием. Преимущественное применение имеют электроды марок Э42, Э42А, Э50, Э50А (ГОСТ 9467—60). При полуавтоматической сварке механизируются операции подачи электродной проволоки и флюса в зону дуги, однако перемещение головки полуавтомата вдоль направления сварки производится вручную. При автоматической сварке под слоем флюса все операции, связанные с образованием шва, механизированы полностью.

Разновидностями электродуговой сварки являются сварка в среде защитных газов, электрошлаковая сварка, образование электрозаклепочных швов и др. Разновидности контактной электросварки — точечная и роликовая сварка, рельефная сварка, стыковая сварка сопротивлением и оплавлением. Точечная сварка используется пре-

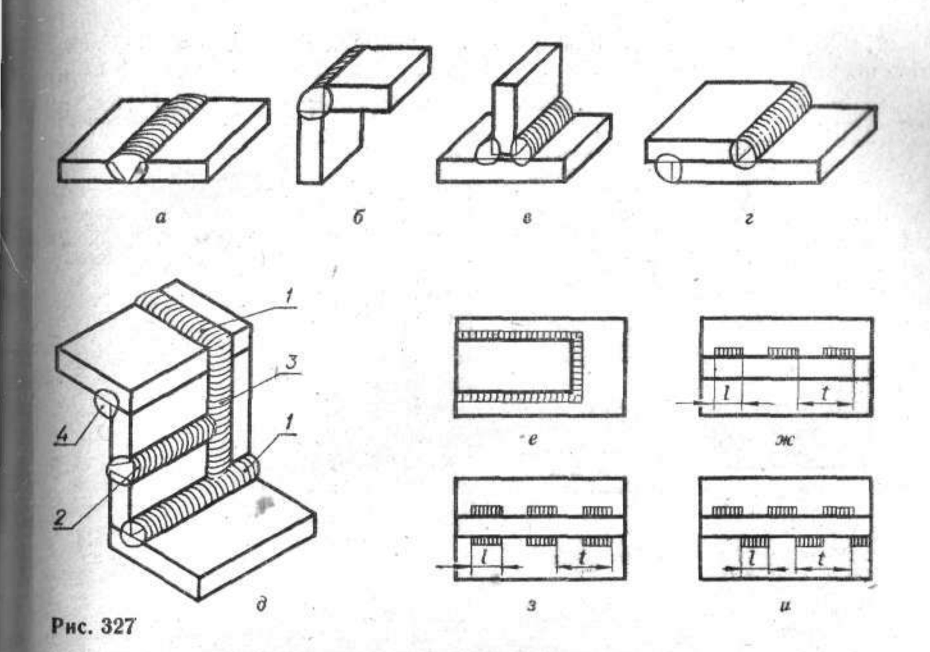


Рис. 327

имущественно для тонкостенных изделий. Роликовая сварка может быть непрерывной и прерывистой.

Сварным соединением называется совокупность изделий, соединенных сварным швом.

По способу взаимного расположения свариваемых изделий различают соединения стыковые, угловые, тавровые и внахлестку. В стыковом соединении (рис. 327, *а*) части изделий соединяются своими торцами; в угловом (рис. 327, *б*) они расположены под углом и соединяются по кромкам; в тавровом (рис. 327, *в*) торец одной части изделия соединяется с поверхностью другой части; в соединениях внахлестку (рис. 327, *г*) боковые поверхности соединяемых частей изделий частично перекрывают друг друга.

Сварным швом называют затвердевший после расплавления металл, соединяющий свариваемые детали.

Сварные швы разделяют по следующим признакам: положению в пространстве, протяженности, внешней форме шва, числу проходов, форме подготовки кромок, характеру выполненного шва.

По положению в пространстве различают (ГОСТ 11969—66) нижние *1*, горизонтальные *2*, вертикальные *3*, полупотолочные и потолочные *4* швы (рис. 327, *д*).

По протяженности швы могут быть непрерывными и прерывистыми. Непрерывный шов выполняют без разрывов по всей длине (рис. 327, *е*), а в прерывистом сварка производится отдельными участками (рис. 327, *ж*). Прерывистый шов состоит из одинаковых по длине заваренных участков с равными промежутками между ними. Если заваренные участки в параллельных рядах расположены один против

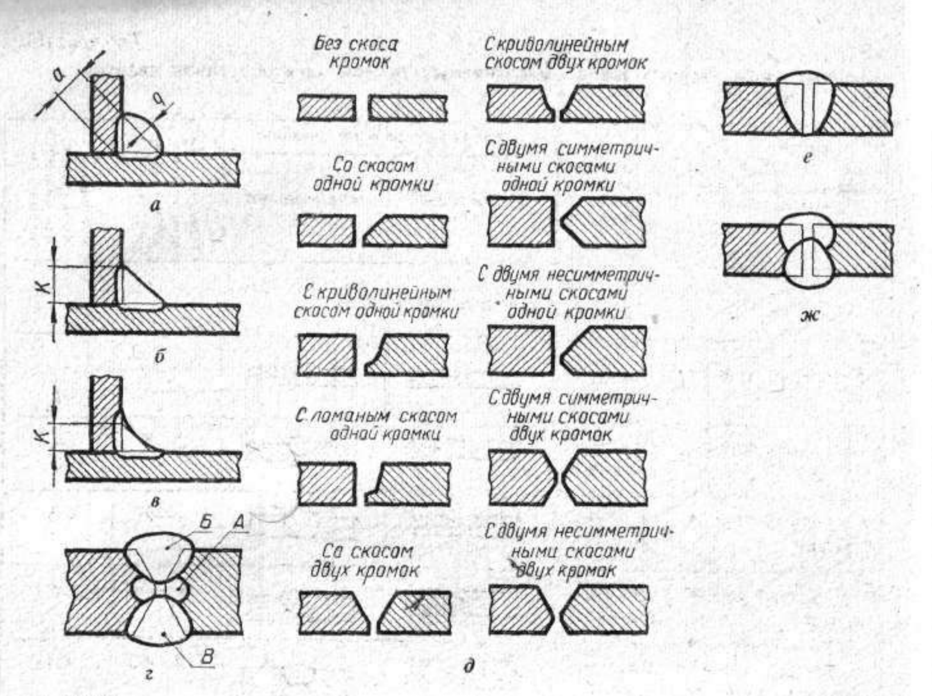


Рис. 328

другого, то такой шов называется *цепным* (рис. 327, *з*), если же участки чередуются, то шов называется *шахматным* (рис. 327, *и*). Длину заваренного участка обозначают l, а шаг между участками — t. Разновидностью прерывистого шва является шов точечный; его выполняют с круглыми или продолговатыми отверстиями.

По внешней форме сварные швы разделяются на выпуклые (рис. 328, *а*), плоские (рис. 328, *б*) и вогнутые (рис. 328, *в*). Буквами a и K обозначены расчетные катеты шва, q — высота усиления.

По числу проходов швы бывают однопроходные и многопроходные. Шов, изображенный на рис. 328, *г*, выполнен в три прохода сварочной дуги. Если необходимо, контуры отдельных проходов обозначают на чертеже прописными буквами русского алфавита.

По форме подготовки кромок свариваемых частей различают швы без скоса кромок, с отбортовкой, прямолинейным, криволинейным или ломаным скосами одной или двух кромок, двумя симметричными или несимметричными скосами одной или двух кромок (рис. 328, *д*) и др.

По характеру выполненного шва различают швы односторонние — односторонний провар (рис. 328, *е*) и двусторонние — провар с двух сторон (рис. 328, *ж*).

В табл. 16 приведены основные типы сварных швов, выполняемых ручной электродуговой сваркой (ГОСТ 5264—69), а в табл. 17 — соединений, выполняемых контактной электросваркой (ГОСТ 15878—70).

Условное изображение швов сварных соединений. По ГОСТ 2.312—72 швы сварных соединений независимо от способа сварки

Таблица 16

Основные типы сварных швов, выполняемых ручной электродуговой сваркой (ГОСТ 5264—69)

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения: подготовленных кромок	Форма поперечного сечения: выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, *мм*	Условное обозначение шва сварного соединения
Стыковые соединения					
Без скоса кромок	Односторонний			1—6	С2
Без скоса кромок	Двусторонний			2—8	С4
Со скосом одной кромки	Односторонний			4—26	С5
Со скосом одной кромки	Двусторонний			4—26	С8
С двумя симметричными скосами одной кромки	Двусторонний			12—60	С11
Со скосом двух кромок	Односторонний			3—50	С15
Со скосом двух кромок	Двусторонний			3—50	С18
С двумя симметричными скосами двух кромок	Двусторонний			12—60	С21
Угловые соединения					
Без скоса кромок	Односторонний, впритык			1—6	У2
Без скоса кромок	Двусторонний, впритык			2—8	У3
Без скоса кромок	Односторонний			1—30	У4

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения подготовленных кромок	Форма поперечного сечения выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, *мм*	Условное обозначение шва сварного соединения
Без скоса кромок	Двусторонний			2—30	У5
Со скосом одной кромки	Односторонний			4—26	У6
Со скосом двух кромок	Односторонний			12—50	У9
Тавровые соединения					
Без скоса кромок	Односторонний			2—20	Т1
Без скоса кромок	Односторонний, прерывистый			2—30	Т2
Без скоса кромок	Двусторонний			2—30	Т3
Без скоса кромок	Двусторонний, шахматный			2—30	Т4
Без скоса кромок	Двусторонний, прерывистый			2—30	Т5
Со скосом одной кромки	Односторонний			4—26	Т6
С двумя симметричными скосами одной кромки	Двусторонний			12—60	Т9

Форма подготовленных кромок	Характер выполненного шва	Форма поперечного сечения подготовленных кромок	Форма поперечного сечения выполненного шва	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Условное обозначение шва сварного соединения
Соединения внахлестку					
Без скоса кромок	Односторонний, прерывистый			2—60	Н1
Без скоса кромок	Двусторонний			2—60	Н2
С удлиненным отверстием	Односторонний, с несплошной заваркой			не менее 2	Н3

Таблица 17

Основные типы сварных соединений, выполняемых контактной электросваркой (ГОСТ 15878—70)

Тип соединения	Тип шва	Вид сварного соединения	Обозначение способа сварки	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Условное обозначение сварного соединения
Внахлестку	Однорядный	A, A, A-A, s, s_1, u, a, t_{min}	Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н1
	Однорядный с отбортовкой	A, A, A-A, s, s_1, u, a, t_{min}	Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н2

Тип соединения	Тип шва	Вид сварного соединения	Обозначение способа сварки	Пределы толщин свариваемых деталей, мм	Условное обозначение сварного соединения
Внахлестку	Многорядный с цепным расположением точек		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н4
	Многорядный с шахматным расположением точек		Кт; Кв	От 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н5
	Однорядный		Кр	От 0,3—0,3 до 3,0—3,0	Н6
	Однорядный с отбортовкой		Кр	От 0,3—0,3 до 3,0—3,0	Н7
Стыковое			Кcс		С1

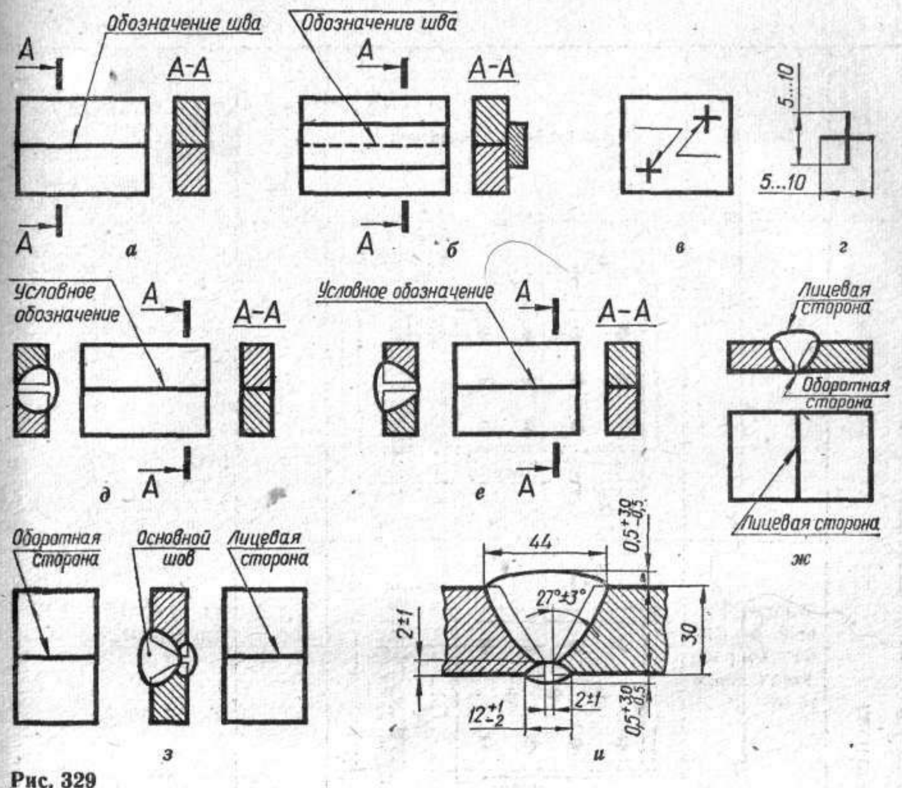


Рис. 329

условно изображают так: видимые — сплошной основной линией (рис. 329, *а*), невидимые — штриховой (рис. 329, *б*); видимую одиночную сварную точку — знаком +, который выполняют сплошной основной линией (рис. 329, *в*, *г*); невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят одностороннюю стрелку с линией-выноской, которая оканчивается горизонтальной полкой (рис. 329, *а* — *в*). Предпочтительно проводить линию-выноску от изображения видимого шва.

На горизонтальной полке (или под ней) проставляют условное обозначение сварного шва. Различают лицевую и оборотную стороны шва. Если стрелка линии-выноски упирается в лицевую сторону шва, то условное обозначение наносят над полкой, если в оборотную,— под полкой (рис. 329, *д*, *е*). За лицевую сторону одностороннего шва принимают сторону, с которой производят сварку (рис. 329, *ж*); за лицевую сторону двустороннего шва с несимметричными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва (рис. 329, *з*); за лицевую сторону двустороннего шва с симметричными кромками может быть принята любая сторона.

Конструктивные элементы сварных швов даны в стандартах на отдельные виды сварки. На чертежах конструктивные элементы

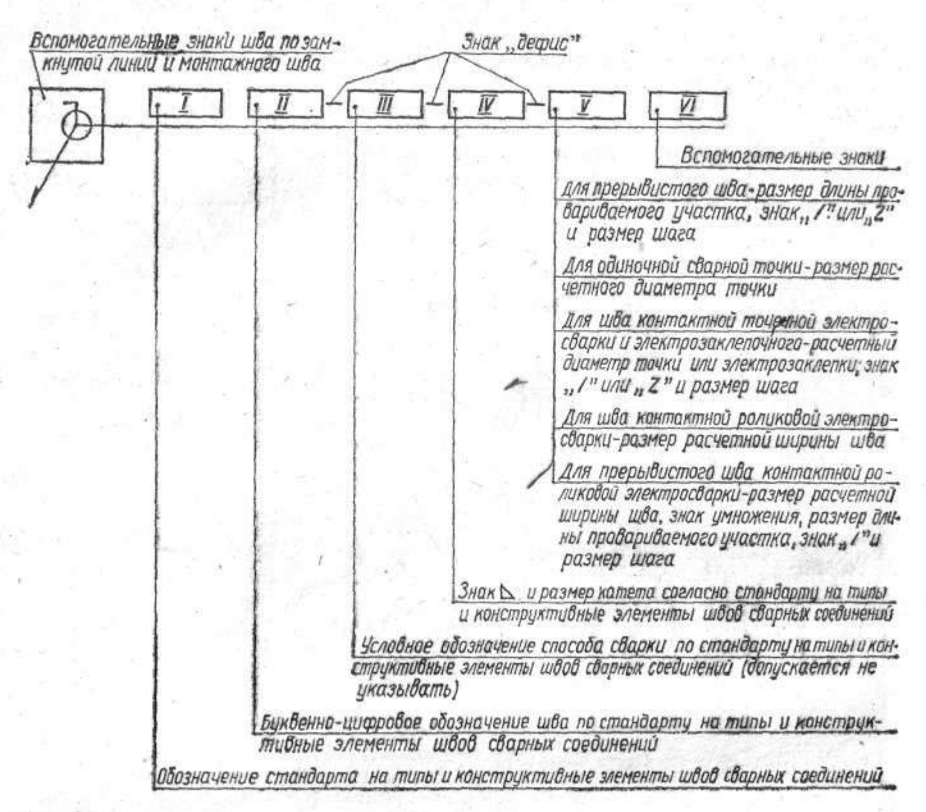


Рис. 330

изображают только для нестандартных швов. На рис. 329, *и* для примера дано конструктивное изображение стыкового двустороннего шва со скосом двух кромок (тип С18). Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями.

Условное обозначение швов сварных соединений. На рис. 330 показана схема структуры условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки. Рассмотрим более подробно последовательность нанесения условного обозначения согласно этой схеме:

I. Указывают номер стандарта на типы швов и конструктивные элементы, по которым выполняют данный шов. Наиболее распространены следующие стандарты: ГОСТ 5264—69 — ручная электродуговая сварка; ГОСТ 8713—70 — автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом; ГОСТ 15878—70 — контактная электросварка; ГОСТ 15164—69 — электрошлаковая сварка; ГОСТ 14771—69 — электродуговая сварка в среде защитных газов; ГОСТ 14776—69 — электрозаклепочные швы и др.

II. Приводят буквенно-цифровое обозначение шва, взятое из соот-

Таблица 18

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов (ГОСТ 2.312—72)

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
○ (с чертой снизу)	Усиление шва снять		
◡◡	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
˥	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением (угол наклона линии — 60°)		
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии (диаметр знака — 3 . . . 5 *мм*)		
⊐	Шов по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа)		

ветствующего стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений. Например, для ручной электродуговой сварки по ГОСТ 5264—69 стыковые соединения имеют обозначения С1...С25; угловые — У1...У10; тавровые — Т1...Т11; соединения внахлестку — Н1...Н3. Выборочно эти данные приведены в табл. 16.

III. Указывают условное обозначение способа сварки. Кроме ручной электродуговой, все виды сварки имеют, как правило, несколько способов исполнения. Эти способы приведены в стандартах на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений.

Примеры обозначения способов сварки:

Кт — контактная точечная; Кр — контактная роликовая (ГОСТ 15878—70); А — автоматическая сварка под слоем флюса; П — полуавтоматическая сварка под слоем флюса; Ар — автоматическая сварка с ручной подваркой (ГОСТ 8713—70);

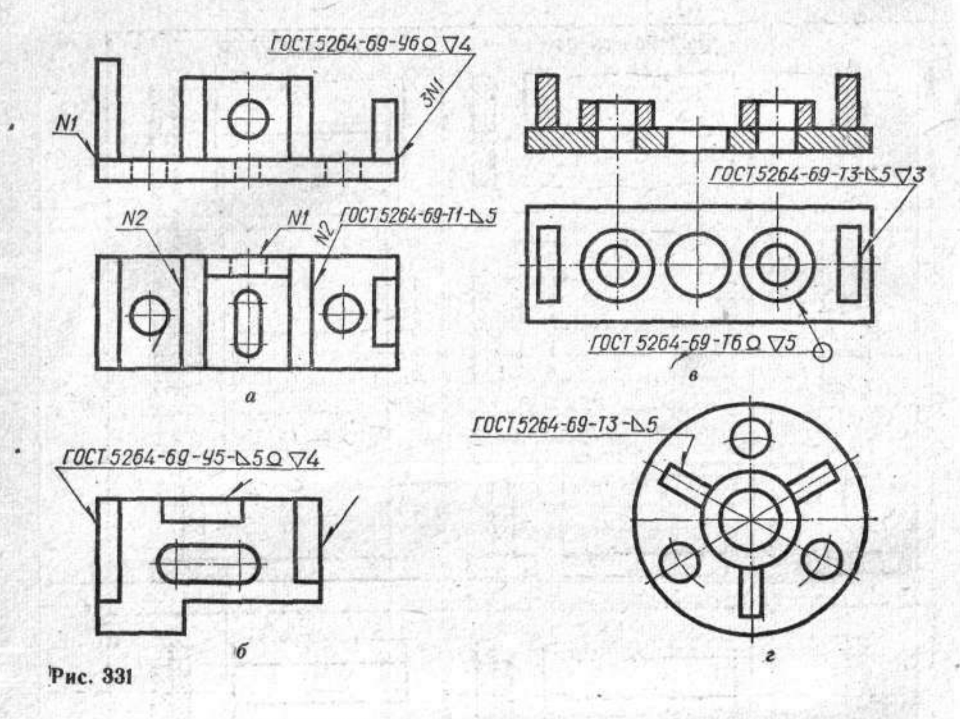


Рис. 331

УП — сварка в углекислом газе плавящимся электродом (ГОСТ 14771—69); ШЭ — электрошлаковая сварка проволочным электродом (ГОСТ 15164—69); НГП — сварка нагретым газом с присадкой (ГОСТ 16310—70) и др.

Стандарт допускает не указывать на чертеже способ сварки.

IV. Знак ⊾ и размер катета указывают для угловых, тавровых швов и для соединений внахлестку, выполненных без подготовки кромок (для этих швов стандартами предусмотрено указание катета шва). Знак треугольника выполняют сплошными тонкими линиями высотой, равной высоте цифр, входящих в условное обозначение. Размер катета в курсе черчения в учебных целях можно принимать равным 1/2—2/3 толщины свариваемых деталей.

V. Этот элемент условного обозначения относится только к прерывистым швам, одиночным сварным точкам, контактной точечной или роликовой электросварке и электрозаклепочным швам. В схеме перечислены те конструктивные элементы, которые в этих случаях вносят в условное обозначение. Например: для прерывистого шва указывают размер длины провариваемого участка, знак / или Z и размер шага; для точечной контактной электросварки — расчетный диаметр точки, знак / или Z и размер шага.

VI. Если необходимо, в начале и в конце условного обозначения проставляют вспомогательные знаки (табл. 18). Знаки «шов по замкнутой линии» и «шов выполнить при монтаже изделия» в обозначении располагают первыми — на пересечении линии-выноски и полки. Все остальные вспомогательные знаки проставляют в конце услов-

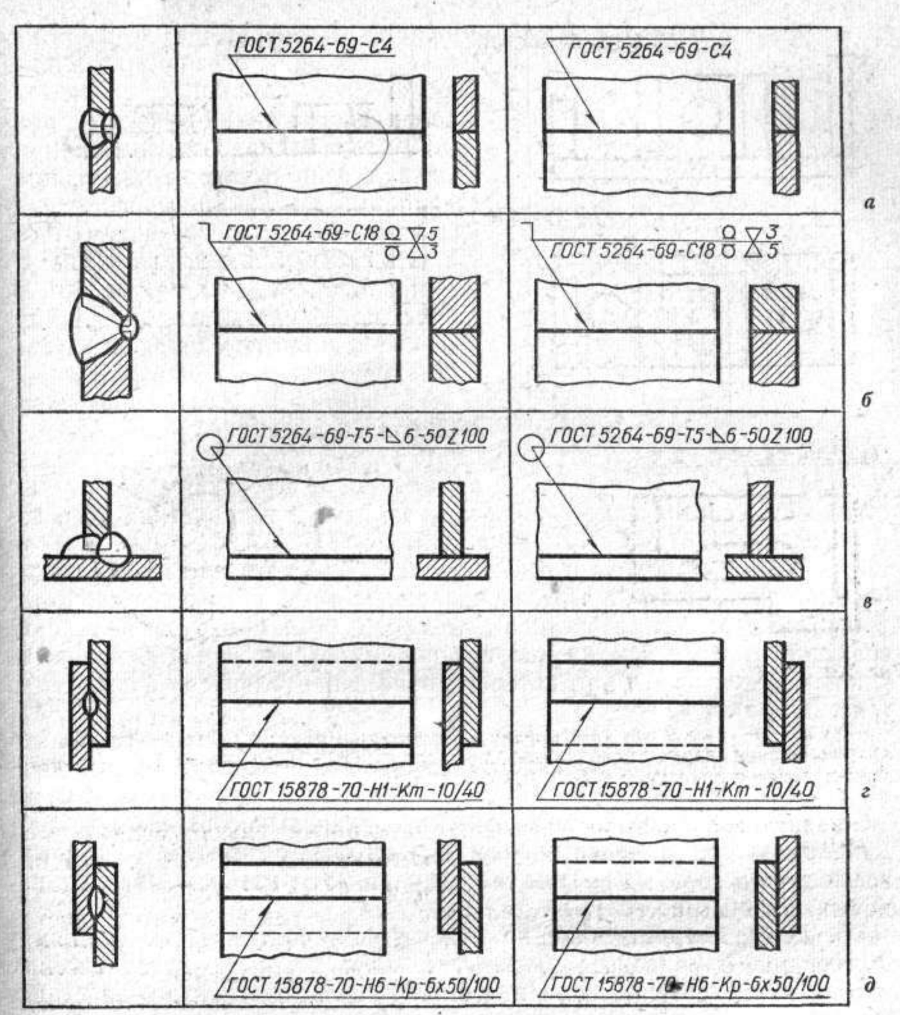


Рис. 332

ного обозначения. Обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва наносят на полке или под полкой линии-выноски в самом конце условного обозначения (рис. 331, *а*, *б*). Допускается значение шероховатости указывать в технических требованиях, например: «Шероховатость поверхностей сварных швов...».

Вспомогательные знаки выполняют сплошными тонкими линиями высотой, равной высоте цифр, входящих в обозначение шва.

Сварочные материалы (при необходимости) указывают на чертеже в технических требованиях или в таблице швов.

Часто на чертежах встречаются одинаковые сварные швы, т. е. швы одного и того же типа, с одинаковыми размерами конструктивных элементов и одинаковым условным обозначением. В этом случае

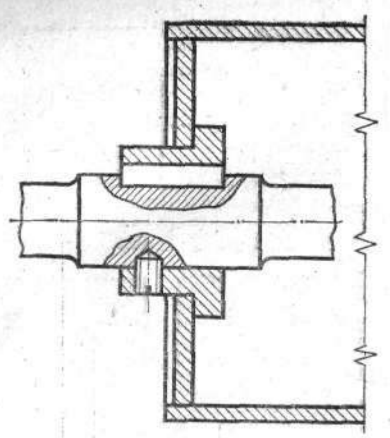


Рис. 333

у одного из изображенных швов наносят условное обозначение, а от изображений остальных таких же швов проводят линии-выноски с полками. Всем одинаковым швам присваивают один и тот же номер, проставляемый на линии-выноске, имеющей полку с обозначением шва. На остальных таких же швах номер шва проставляют на полке (рис. 331, *а*). Допускается указывать на линии-выноске количество одинаковых швов, например, запись на рис. 331, *а*.

Упрощения в обозначении швов сварных соединений:

1. При наличии на чертеже швов, выполняемых по одному и тому же стандарту, обозначение стандарта указывают в технических требованиях записью типа «Сварные швы по ГОСТ 5264—69». В этом случае номер стандарта в обозначении каждого шва не проставляют.

2. Если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или оборотной), то порядковый номер швам не присваивают и отмечают их только линиями-выносками без полок, за исключением шва, на котором нанесено условное обозначение (рис. 331, *б*).

3. На чертеже симметричного изделия (при наличии на изображении оси симметрии) допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей (рис. 331, *в*).

4. Если изделие имеет несколько одинаковых составных частей, привариваемых одинаковыми швами, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только у одной из изображенных одинаковых частей (рис. 331, *г*).

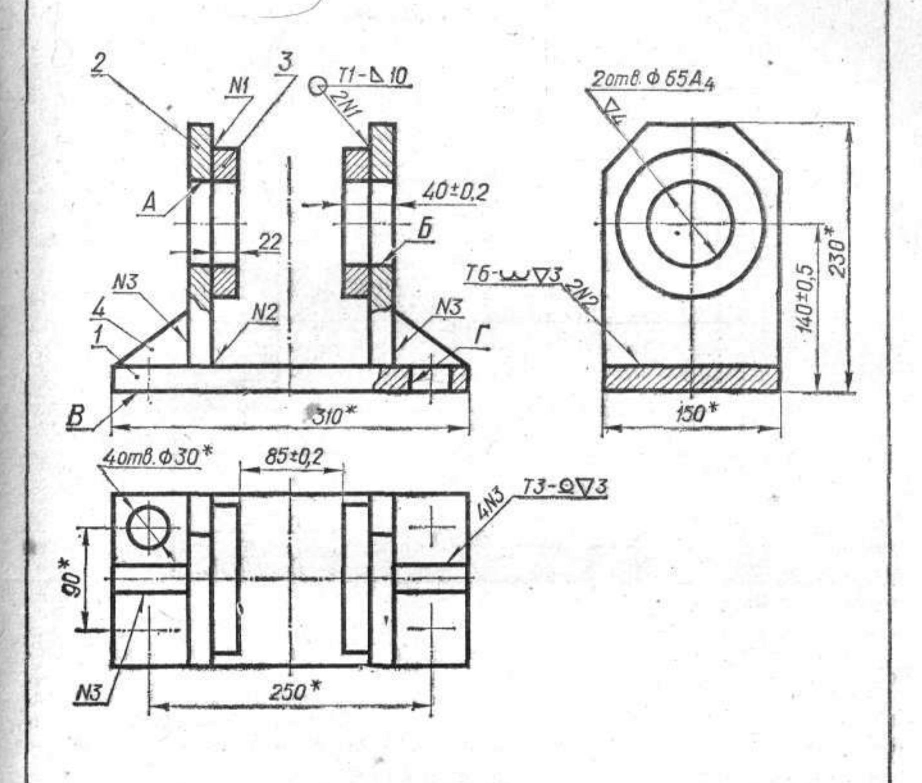
5. Допускается вообще не отмечать на чертеже швы линиями-выносками, а приводить указание о сварке записью в технических требованиях чертежа, если подобная запись однозначно определяет места и способы сварки, типы швов, их расположение и размеры конструктивных элементов, например: «Сварные швы по ГОСТ 5264—69—У5 — ◺4».

Примеры условных обозначений стандартных швов сварных соединений:

1. Шов стыкового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой (рис. 332, *а*).

2. Шов стыкового соединения со скосом двух кромок, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление шва снято с обеих сторон. Шероховатость поверхности шва с лицевой стороны —▽5, с оборотной — ▽3 (рис. 332, *б*).

3. Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый электродуговой ручной сваркой по замкнутой линии. Катет шва 6 *мм*. Длина провариваемого участка 50 *мм*, шаг — 100 *мм* (рис. 332, *в*).



1. Сварные швы по ГОСТ 5264-69
2. Электроды марки Э50 ГОСТ 9467-60
3. Несоосность отв. А относительно отв. Б не более 0,1 мм
4. Покрытие, кроме поверхностей А, Б, В, Г, - ЭМ. ХС-710, серый, III ХК
5. *Размеры для справок

					КМТЧ. 211210. 000 СБ				
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Опора Сборочный чертеж	Лит		Масса	Масшт.
Разраб.		Беда Р.				У			1:4
Провер.		Хаскин А.		2.II.73					
Н.контр.		Хаскин А.		2.II.73		Лист 1		Листов 2	
Т.контр.						КМТ Гр. АХП-17			
Утв.									

Рис. 334

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
11			КМТЧ. 211210.000 СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
11		1	КМТЧ.211210.001	Основание	1	
11		2	КМТЧ. 211210.002	Стойка	2	
БЧ		3	КМТЧ. 211210.003	Накладка	2	2,3 кг
				Круг $\frac{120\ ГОСТ\ 2590\text{-}71}{Ст\ 3\ ГОСТ\ 535\text{-}58}$ $l=22$		
БЧ		4	КМТЧ. 211210.004	Угольник	2	0,75 кг
				Лист $\frac{12\times50\times70\ ГОСТ\ 5631\text{-}70}{Ст\ 3\ ГОСТ\ 500\text{-}58}$		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КМТЧ. 211210.000 СБ			
Разраб.		Бевз Р.			Опора	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Хаскин А.		1.11.73		У		
Н. контр.						КМТ Гр. АХП-17		
Утв.								

Рис. 335

4. Шов соединения внахлестку, прерывистый, выполняемый контактной точечной электросваркой, однорядный. Диаметр точки 10 *мм*, шаг — 40 *мм* (рис. 332, *г*).

5. Шов соединения внахлестку, прерывистый, однорядный, выполняемый контактной роликовой электросваркой. Ширина роликового шва 6 *мм*. Длина провариваемого участка 50 *мм*, шаг — 100 *мм* (рис. 332, *д*).

Оформление сборочного чертежа сварного изделия аналогично оформлению сборочного чертежа разъемного соединения.

Изображая в разрезе или в сечении детали, входящие в сварную конструкцию, заштриховывают их в различные стороны по правилам штриховки металлических изделий. Если же сварную конструкцию изображают в сборе с другими деталями, то ее заштриховывают как монолитное тело (в одну сторону), показывая границы между деталями сварного изделия сплошными основными линиями (рис. 333). На чертеже сварной сборочной единицы, кроме габаритных, установочных и присоединительных размеров, указывают размеры, необходимые для сварки изделия и обработки его в процессе сборки. На детали, входящие в сварное изделие, как правило, выполняют рабочие чертежи. В случаях, перечисленных в § 20 (с. 256), рабочие чертежи разрешается не выпускать. К сборочному чертежу изделия прилагается спецификация.

Пример выполнения сборочного чертежа сварного изделия дан на рис. 334, а спецификации — на рис. 335.

21.10. Неразъемные соединения (пайкой, склеиванием, сшиванием)

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения материалов с нагревом ниже температуры их автономного расплавления путем заполнения зазора между ними расплавленным припоем. Припой—металл или сплав, вводимый в зазор между соединяемыми деталями, и имеющий более низкую температуру плавления, чем соединяемые пайкой материалы.

В ряде случаев пайка экономичней сварки, так как требует меньшего нагрева металла, не изменяет его свойств и не приводит к короблению. Различают пайку твердыми и мягкими припоями. К твердым относят, например, серебряные припои (ПСр10, ПСр 25, ПСр45 и другие по ГОСТ 8190—56), а к мягким — оловянно-свинцовистые (ПОССу 40-2; ПОССу 25-2; ПОССу 40-2; ПОС 90; ПОС61 и другие по ГОСТ 1499—70), оловянно-кадмиевые и др. Пайку широко применяют в электро- и радиотехнике, при изготовлении радиаторов машин, узлов холодильников и т. п.

Условное изображение и обозначение неразъемных соединений, получаемых пайкой, склеиванием и сшиванием выполняют по ГОСТ 2.313—68.

На рис. 336, *а*, *б*, *д* изображены швы, полученные пайкой, на рис. 336, *в*, *г* — склеиванием, а на рис. 337 — сшиванием. Припой и клей на видах и в разрезах изображают линией толщиной 2*s*. Для обозначения шва проводят линию-выноску, которая заканчивается двусторонней стрелкой, указывающей место расположения шва. На наклонном участке линии-выноски проставляют знак ⌣ или K, обозначающий соответственно паяный или клееный шов (рис. 336, *б*, *г*). Если шов выполнен по замкнутой линии, то линию-выноску оканчивают окружностью диаметром 3—4 *мм*. Если необходимо, на изображении указывают форму, размеры и шероховатость паяного шва (рис. 336, *д*).

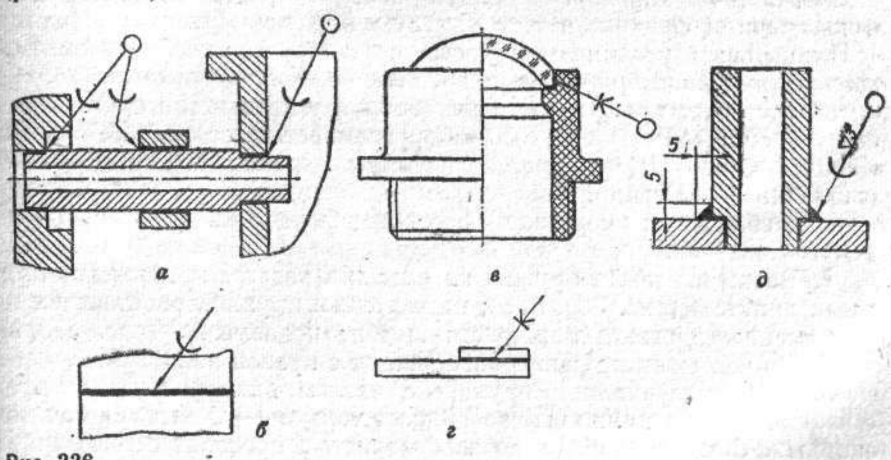


Рис. 336

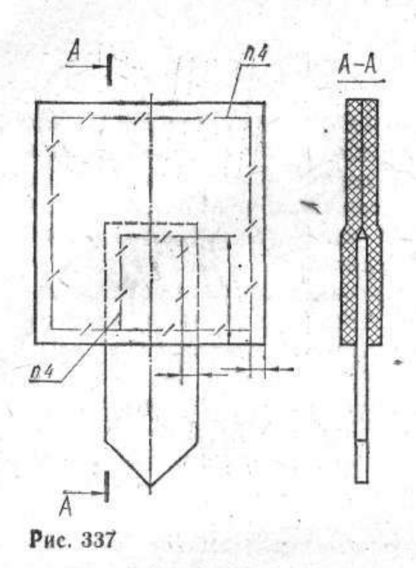


Рис. 337

Обозначение марки припоя или клея по соответствующему стандарту указывают в технических требованиях записью типа «ПОС 40 ГОСТ 1499—70», «Клей БФ-2 ГОСТ 12172—66» и т. д. При необходимости в этом же пункте излагают требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта технических требований помещают на полке линии-выноски.

На чертежах соединений, получаемых сшиванием, швы изображают штриховой линией толщиной $s/3$ с наклонными штрихами в интервалах. Длина штрихов — 10 ... ... 30 *мм*, длина наклонных штрихов — 2 ... 3 *мм*. Обозначение материала (ниток и т. п.) по соответствующему стандарту приводят в технических требованиях чертежа. От изображения шва проводят линию-выноску с полкой, на которой помещают номер пункта технических требований (рис. 337).

21.11. Пружины

Пружина — деталь, воспринимающая и отдающая механическую энергию за счет использования сил упругости в период деформации.

Пружины разделяют на *винтовые* и *невинтовые*. По виду нагружения различают пружины *сжатия, растяжения, кручения* и *изгиба*. По форме исполнения винтовые пружины бывают *цилиндрические, конические, призматические, параболоидные* и др. Витки пружин в поперечном сечении имеют круглую или прямоугольную форму. К невинтовым пружинам относят пружины *плоские, спиральные, тарельчатые, пластинчатые* и др.

Изготовляют пружины из качественной углеродистой стали марок 65, 70, 60Г, 65Г (ГОСТ 1050—60), кремнистых сталей 55С2, 60С2 (ГОСТ 4543—71), хромомарганцовых сталей 50ХГ, 50ХГА (ГОСТ 4543—71) и др.

На сборочных чертежах пружины изображают условно по ГОСТ 2.401—68:

1. Витки винтовых пружин на виде и в разрезе изображают прямыми линиями (рис. 338, *а*, *б*); на чертежах пружин, работающих на растяжение, просвета между витками не показывают (рис. 338, *в*).
2. На чертежах пружины изображают с правой навивкой.
3. При вычерчивании пружин с числом витков более четырех с каждого конца пружины изображают только 1—2 витка, не считая опорных. Остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры сечений витков (рис. 338).

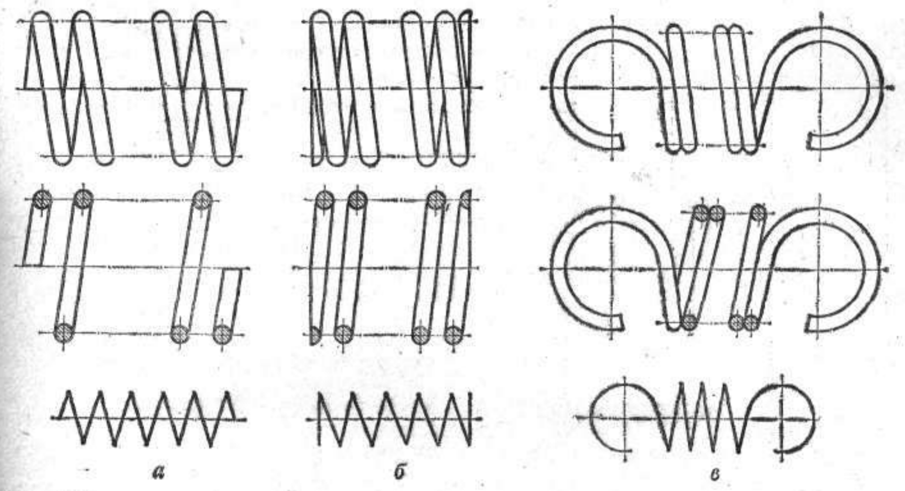


Рис. 338

4. При толщине сечения витков менее 2 *мм* пружину изображают схематично линиями толщиной 0,6 ... 1,5 *мм* (рис. 338, *а* — *в*).

5. Крайние витки винтовых пружин, работающих на сжатие, поджимают или поджимают и шлифуют, чтобы получить плоские опорные поверхности. Так как эти витки нагрузки не несут, то рабочее число витков пружины n принимают на 1,5—2 витка меньше полного числа витков n_1. Пружины растяжения и кручения имеют специальные зацепы для связи с механизмом.

Требования к рабочим чертежам пружин по ГОСТ 2.401—68:

1. Изображения винтовых пружин на рабочих чертежах располагают горизонтально. Пружины изображают только с правой навивкой. Действительное направление навивки указывают в технических требованиях.

2. На рабочем чертеже пружины с контролируемыми силовыми параметрами помещают диаграмму испытаний — график нагрузки от деформации или деформации от нагрузки в зависимости от того, какие параметры заданы и какие определяются.

На рис. 339 дан рабочий чертеж пружины сжатия с поджатыми по 3/4 витка с каждого конца и шлифованными на 3/4 окружности опорными поверхностями. Заданным параметром служит высота пружины и поэтому на диа-

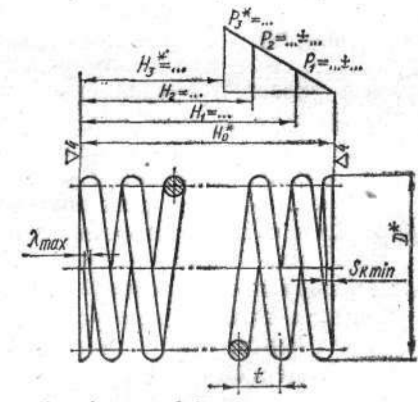


Рис. 339

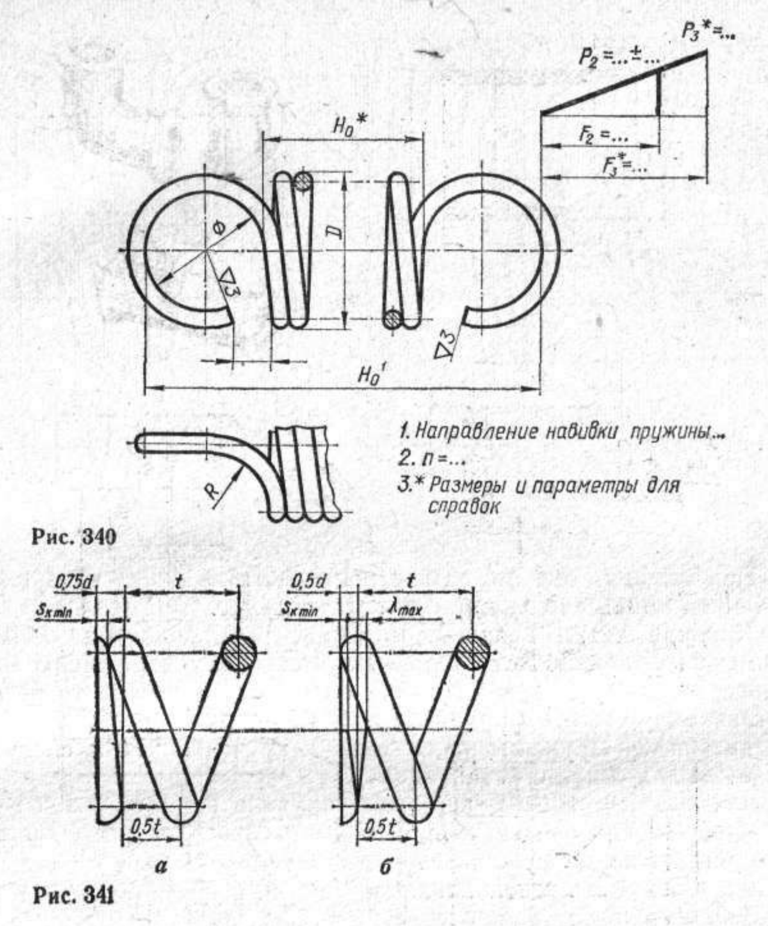


Рис. 340

Рис. 341

грамме указаны предельные отклонения нагрузки. Характерными точками на диаграмме являются величина предварительной нагрузки P_1, величина наибольшей нагрузки P_2 и величина наибольшей испытательной нагрузки P_3.

На рис. 340 дан рабочий чертеж пружины сжатия с зацепами, открытыми с одной стороны и расположенными в одной плоскости.

Если для характеристики пружины достаточно задать только один исходный и зависимый от него параметр, то диаграмму не строят, а значения этих параметров указывают в технических требованиях.

3. На чертеже пружины указывают основные технические требования. Содержание и порядок расположения пунктов технических требований указаны в ГОСТ 2.401—68. На учебных чертежах в технических требованиях рекомендуется указывать следующие данные (рис. 339): 1) направление навивки пружины; 2) число рабочих витков n; 3) полное число витков n_1; 4) диаметр контрольного стержня D_c; 5) диаметр контрольной гильзы $D_г$; 6) размеры и параметры для справок.

На рис. 341, *а*, *б* показаны варианты построения поджатых опорных витков: на рис. 341, *а* поджат целый виток и зашлифован на 3/4 дуги окружности, а на рис. 341, *б* поджато 3/4 витка и зашлифовано на 3/4 дуги окружности.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Из каких элементов состоит болтовое соединение? Назовите относительные размеры в зависимости от диаметра d, по которым вычерчивают болт, гайку и шайбу.
2. Из каких элементов складывается шпилечное соединение? Как подсчитать длину шпильки и от чего зависит длина l_1 ввинчиваемого резьбового конца?
3. По каким относительным размерам вычерчивают винт со сферической головкой? Как определить размеры гнезда для винта?
4. Как условно обозначают на чертеже прямую муфту, тройник, угольник и трубу?
5. Что такое сбег резьбы и почему он образуется?
6. Назовите основные типы шпонок и их условное обозначение на чертежах?
7. Как на чертеже условно изображают и обозначают шлицевой вал? отверстие со шлицами? шлицевое соединение деталей?
8. Назовите основные типы заклепок и их условное обозначение на чертежах.
9. По каким признакам классифицируют заклепочные швы? Как их рассчитывают?
10. По каким признакам классифицируют сварные швы?
11. Как условно изображают на чертеже видимые и невидимые сварные швы?
12. Назовите элементы, входящие в структуру условного обозначения сварного шва.
13. Какие упрощения допускаются в обозначении швов сварных соединений?
14. Как условно изображают и обозначают на чертежах пайку?
15. Как выполняют рабочий чертеж пружины сжатия?

Упражнение 1. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Разъемные соединения». Правильность результатов проверьте на с. 443.

Упражнение 2. Выполните задание карты программированного контроля по теме «Сварные соединения». Правильность результатов проверьте на с. 443.

Карта программированного контроля по теме „Разъемные соединения“

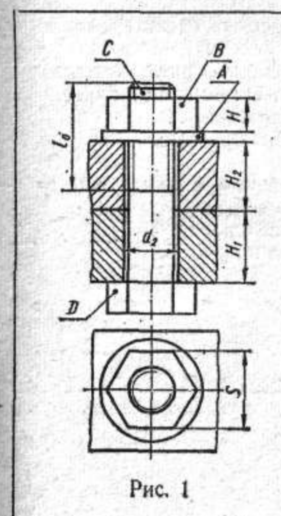


Рис. 1

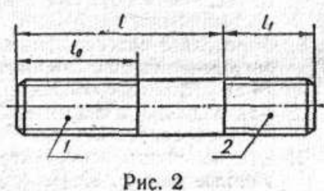


Рис. 2

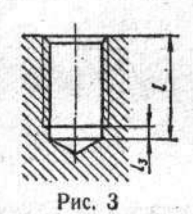


Рис. 3

1. Как называются элементы A, B, C, D болтового соединения (рис. 1)?
2. Чему равны в зависимости от d величины H, S, l_0, d_2 (рис. 1)?
3. Толщины скрепляемых деталей $H_1 = 40$ *мм*, $H_2 = 25$ *мм*, диаметр болта $d = 16$ *мм*. Определите длину болта l.
4. Как называется часть *1* шпильки длиной l_0? часть *2* шпильки длиной l_1 (рис. 2)?
5. Запишите словами условное обозначение болта: Болт 2М16× 1,5.6 *g*×80.58 ГОСТ 7798—70.
6. Запишите словами условное обозначение шпильки:

Шпилька *Б*М $18 \times 100 \frac{24}{42}$. 109.40Х. 016 ГОСТ 11765—66.

7. Чему равна глубина гнезда l (рис. 3), если длина ввинчиваемого резьбового конца шпильки $l_1 = 22$ *мм* ($d = 18$ *мм*)?
8. Чему равна величина l_3 недореза резьбы для гнезда на рис. 3?
9. Начертите в собранном виде детали *1*, *2* и *3* (рис. 4). Завинчивать детали следует не до конца.

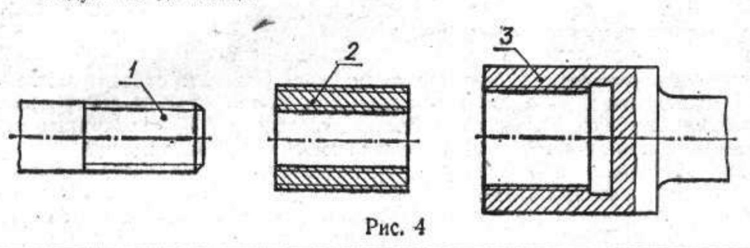


Рис. 4

Карта программированного контроля по теме „Сварные соединения"

А
В
Б
Г

Рис. 1

I
II
III
IV
V
VI

1) С18
2) У2
3) Т3
4) Т6
5) С4
6) У6

Рис. 2

1. Как называется вид сварного шва при соединении деталей *А* и *В* (рис. 1)?
2. Как называется вид сварного шва при соединении деталей *Б* и *Г* (рис. 1)?
3. Каким условным буквенно-цифровым обозначением указывают стыковой шов со скосом одной кромки, двусторонний (ГОСТ 5264—69)?
4. Каким условным буквенно-цифровым обозначением указывают шов таврового соединения без скоса кромок, односторонний, прерывистый?
5. Определите соответствие между формой поперечного сечения шва сварного соединения и буквенно-цифровым его обозначением (рис. 2).
6. Как разделяют сварные швы по внешней форме их поперечного сечения?
7. Что означают вспомогательные знаки, изображенные на рис. 3?

а *б* *в*

Рис. 3

8. Расшифруйте словами условную запись сварного шва на рис. 4.
9. Расшифруйте словами условную запись сварного шва на рис. 5.

ГОСТ 5264-69-С9 ◯ ▽3

Рис. 4

ГОСТ 5264-69-Т5-◺6-50Z100

Рис. 5

§ 22. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

22.1. Общие положения

Зубчатые передачи служат для передачи вращения с одного вала на другой или для преобразования вращательного движения в поступательное. Если оси валов расположены параллельно, применяют

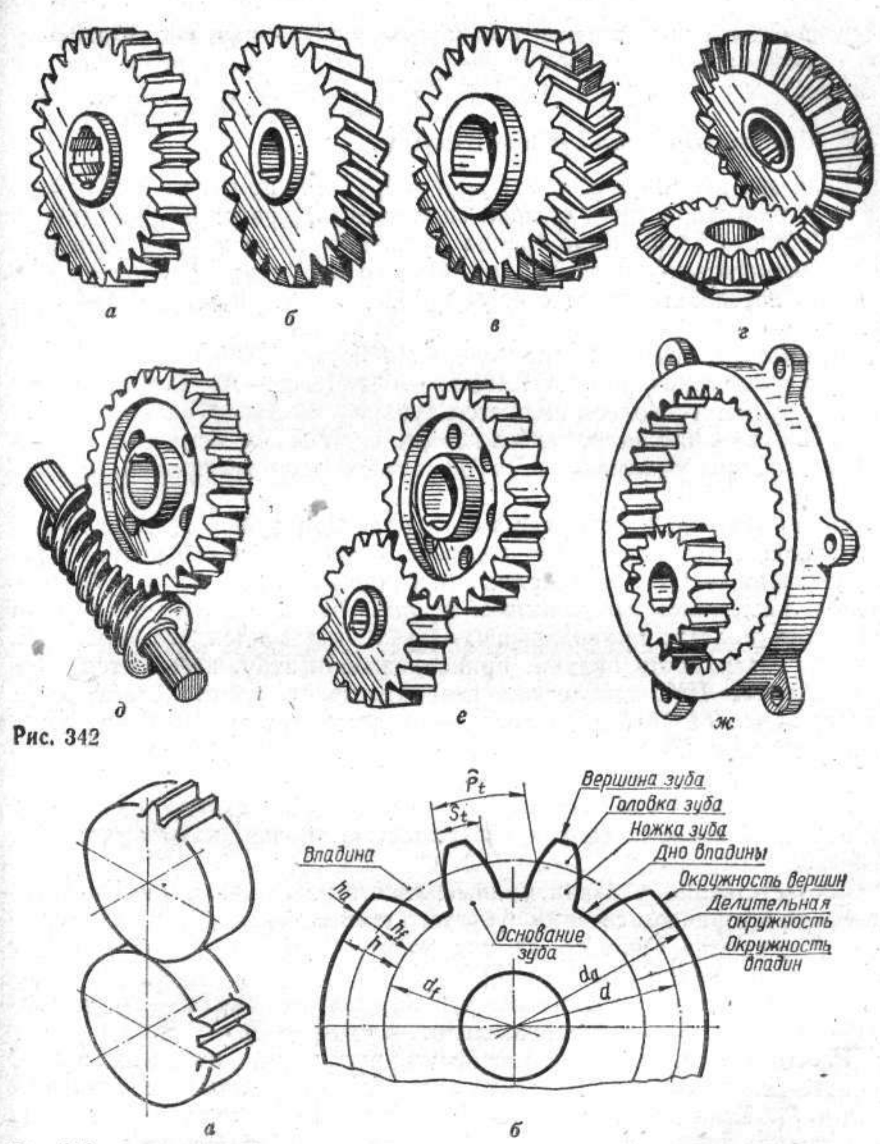


Рис. 343

цилиндрические зубчатые колеса с прямыми, косыми или шевронными зубьями (рис. 342, *а*—*в*). Передача вращения между валами с пересекающимися осями осуществляется коническими колесами (рис. 342, *г*) или смешанной конической передачей. Для передачи движения между валами со скрещивающимися осями применяют червячную (рис. 342, *д*), винтовую, гипоидную и спироидную передачи.

Зубчатые передачи бывают с внешним (рис. 342, *е*) и внутренним (рис. 342, *ж*) зацеплением зубьев. По конструктивному оформлению

передачи делят на открытые и закрытые, а по величине передаваемой окружной скорости — на тихоходные, среднескоростные и быстроходные.

22.2. Цилиндрическая зубчатая передача

Если два цилиндра прижать друг к другу, то при вращении одного из них, благодаря возникающей силе трения, придет во вращение и второй (рис. 343, *а*). Сила трения должна быть не меньше величины передаваемого окружного усилия. Однако окружные усилия целесообразно передавать не за счет силы трения, а с помощью зубчатой передачи.

Рассмотрим термины, определения и обозначения, характеризующие зубчатые передачи (ГОСТ 16530—70 ÷ 16532—70). Основным элементом зубчатого колеса являются зубья.

Зубья — это выступы на колесе, передающие движение посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого колеса.

Цилиндрическая поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса, называется *поверхностью впадин*, а поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса, называется *поверхностью вершин*. Часть поверхности вершин зубчатого колеса, принадлежащая зубу, называется его *вершиной*, а часть поверхности впадин, принадлежащая зубу, называется *основанием зуба*. Цилиндрическая поверхность зубчатого колеса, которая является базовой для определения элементов зубьев и их размеров, называется *делительной поверхностью*. Часть зуба, заключенная между поверхностью вершин зубьев и делительной поверхностью колеса, называется *головкой зуба*, а часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью впадин, называется *ножкой зуба*.

Соответственно указанным поверхностям различают окружности, лежащие в торцовом сечении зубчатого колеса (рис. 343, *б*): *делительную окружность* (диаметр d), *окружность вершин* (диаметр d_a) и *окружность впадин* (диаметр d_f).

Высоту головки зуба обозначают h_a, *высоту ножки* — h_f, а *полную высоту зуба* — h, следовательно, $h = h_a + h_f$.

Расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности называется *окружным делительным шагом* P_t. Если делительный шаг умножим на *число зубьев колеса* z, то получим длину делительной окружности: $\pi d = P_t z$. Отсюда $d = \frac{P_t}{\pi} z$.

Линейную величину, в π раз меньшую делительного шага, называют *окружным делительным модулем* m_t, т. е. $m_t = \frac{P_t}{\pi}$. В дальнейшем эту величину будем обозначать m и называть *модулем*, имея в виду окружной делительный модуль.

Следовательно, диаметр делительной окружности в зависимости от модуля выражается формулой $d = mz$.

Модули зубчатых колес стандартизованы в ГОСТ 9563—60. Приведем выборочные данные из ГОСТ 9563—60:

1-й ряд — 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20;

2-й ряд — 0,55; 0,7; 0,9; 1,125; 1,375; 1,75; 2,25; 2,75; 3,5; 4,5; 7; 9.

При выборе модуля 1-й ряд следует предпочитать второму.

Высота зуба и его частей определяется в зависимости от модуля: высота головки зуба $h_a = m$, высота ножки зуба $h_f = 1{,}25\,m$, полная высота зуба $h = h_a + h_f = 2{,}25\ m$.

Диаметр окружности вершин больше диаметра делительной окружности на две высоты головки зуба, т. е.

$$d_a = d + 2h_a = mz + 2m = m\,(z + 2).$$

Диаметр окружности впадин меньше диаметра делительной окружности на две высоты ножки зуба, т. е.

$$d_f = d - 2h_f = mz - 2{,}5m = m\,(z - 2{,}5).$$

Окружная толщина зуба по дуге делительной окружности

$$S_t = \frac{P_t}{2} = 0{,}5\pi m.$$

Последовательность выполнения эскиза зубчатого колеса с натуры:

1. Измеряют диаметр окружности вершин d_a и подсчитывают число зубьев z.

2. По формуле $m = \frac{d_a}{z+2}$ определяют значение модуля и сверяют найденное значение с таблицей стандартных модулей (ГОСТ 9563—60). Если найденный модуль в стандарте отсутствует, то для дальнейшего расчета принимают ближайшее стандартное значение, по которому и рассчитывают все параметры зубчатого колеса.

Пример. Снимая эскиз зубчатого колеса с натуры, определили, что $d_a = 212$ *мм*; $z = 28$. Следовательно, модуль $m = \frac{d_a}{z+2} = \frac{212}{30} = 7{,}07$ *мм*. В таблице стандартных модулей найденное значение отсутствует, поэтому для дальнейшего расчета принимаем ближайшее значение $m = 7$ *мм*.

Рассчитываем все параметры зубчатого колеса:

$$d_a = m\,(z + 2) = 7\,(28 + 2) = 210\ мм;$$

$$d_f = m\,(z - 2{,}5) = 7\,(28 - 2{,}5) = 178{,}5\ мм;$$

$$d = mz = 7 \cdot 28 = 196\ мм;$$

$$h_a = m = 7\ мм;\ h_f = 1{,}25m = 1{,}25 \cdot 7 = 8{,}75\ мм;$$

$$h = h_a + h_f = 7 + 8{,}75 = 15{,}75\ мм;$$

$$P_t = \pi m = 3{,}14 \cdot 7 = 21{,}98\ мм;$$

$$S_t = \frac{P_t}{2} = 10{,}99\ мм.$$

Цилиндрические зубчатые колеса бывают не только с прямыми, но и с косыми и шевронными зубьями. В косозубых передачах (рис. 344) угол наклона линии зуба к плоскости, проходящей через ось колеса, обозначают β. Для этих колес, кроме понятия *окружной делительный*

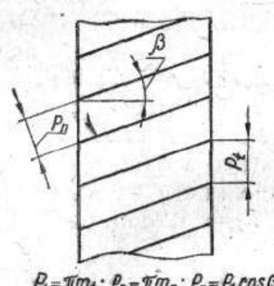


Рис. 344

(*торцовый*) *шаг* P_t, существует понятие *нормальный делительный шаг* P_n — кратчайшее расстояние по делительной поверхности колеса между одноименными теоретическими линиями соседних зубьев. Соответственно этому существует понятие *нормальный делительный модуль* m_n — величина, в π раз меньшая шага P_n. Зависимость между нормальным и торцовым модулем выражается формулой

$$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}, \quad \text{или} \quad m_n = m_t\cos\beta.$$

Для косозубых передач

диаметр делительной окружности $d = m_t z$, или $d = \frac{m_n z}{\cos\beta}$;
диаметр окружности вершин $d_a = d + 2m_n$;
диаметр окружности впадин $d_f = d - 2{,}5m_n$;
высота зуба $h = 2{,}25m_n$ ($h_a = m_n$; $h_f = 1{,}25m_n$).

Условное изображение цилиндрических зубчатых колес. Зубчатые колеса на чертежах изображают условно по ГОСТ 2.402—68:

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев показывают сплошной основной линией на всех изображениях (рис. 345, *а—в*).

2. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях показывают сплошной основной линией. На видах их допускается изображать сплошной тонкой линией (рис. 345, *б*).

3. Делительные и начальные окружности, а также образующие поверхностей делительных и начальных цилиндров изображают тонкой штрих-пунктирной линией на всех видах и разрезах колеса (рис. 345, *а—в*).

4. Зубья зубчатых колес вычерчивают только на осевых разрезах (рис. 345, *а*); в остальных случаях изображают поверхность их вершин. Если нужно показать профиль зуба, его вычерчивают на выносном элементе или изображают на ограниченном участке детали (рис. 345, *б*).

5. В случае необходимости направление зубьев изображают вблизи оси колеса тремя тонкими параллельными линиями с соответствующим наклоном (рис. 346, *б—г*).

Оформление рабочего чертежа цилиндрического зубчатого колеса (ГОСТ 2.403—68). На рис. 347 главное изображение колеса представлено полным фронтальным разрезом, а на месте вида слева изображено отверстие в ступице колеса со шлицами. На изображении цилиндрического зубчатого колеса указывают: а) диаметр d_a окружности вершин; б) ширину b зубчатого венца; в) размеры фасок или радиусы закруглений на торцовых кромках цилиндра вершин; г) размеры фасок или радиусы закруглений на кромках головок и торцов зубьев; д) шероховатость боковой поверхности зубьев, поверхностей вершин и впадин.

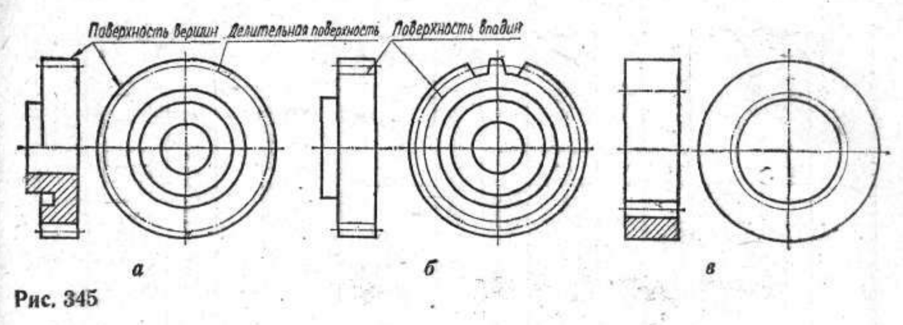


Рис. 345

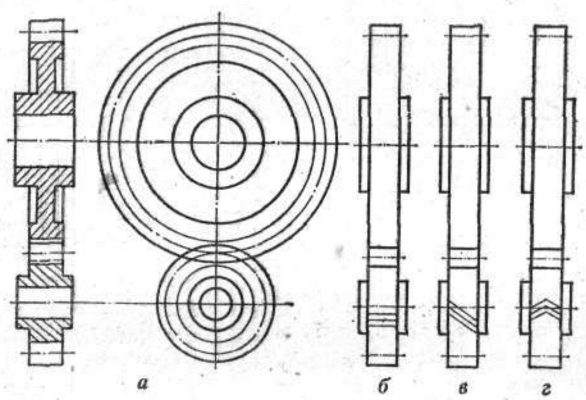


Рис. 346

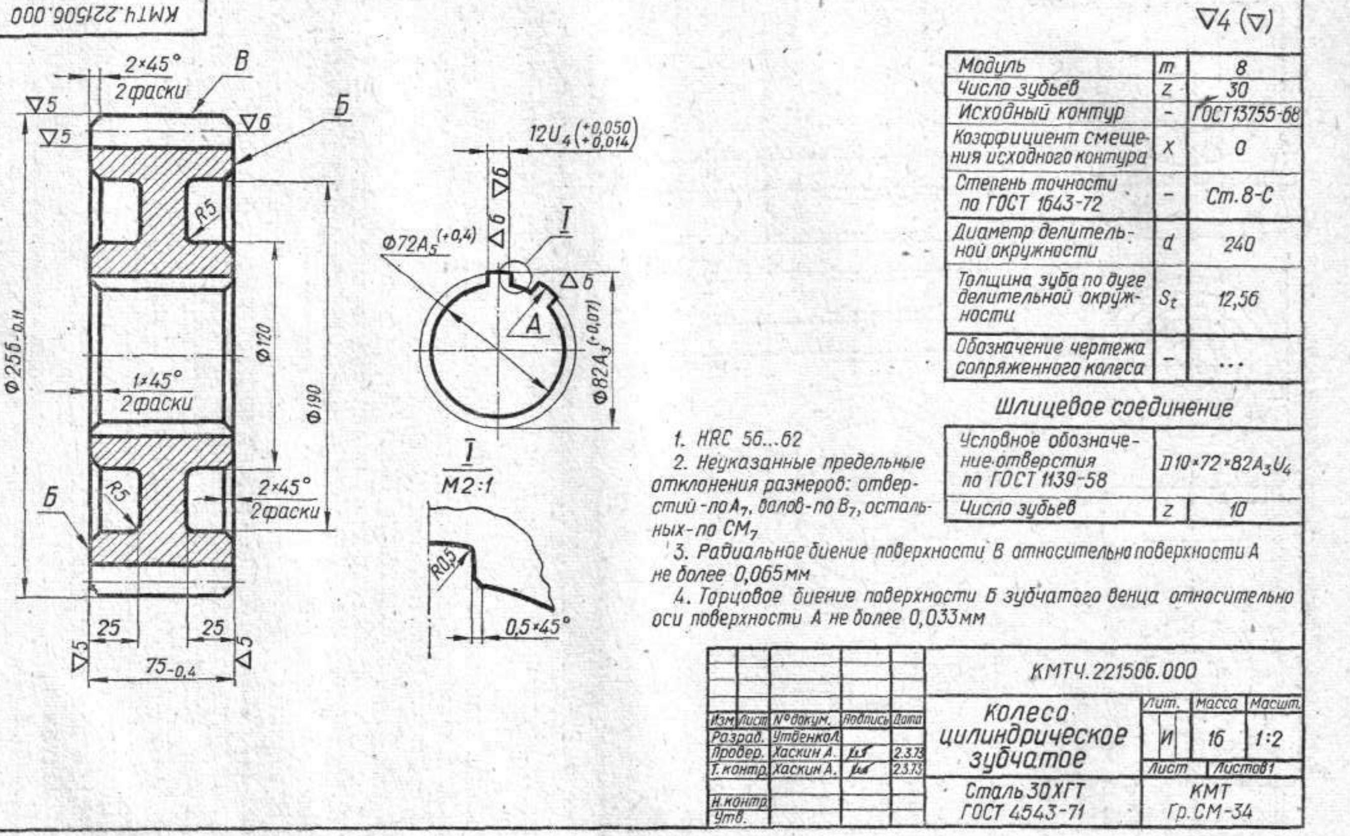
При необходимости на чертеже дают рабочий профиль зуба и указывают предельные значения радиального биения поверхности вершин и биение поверхности базового торца. На рис. 347 эти данные указаны записью в технических требованиях. Предельные отклонения для диаметра окружности вершин берут по скользящей посадке 2, 3 и 4-го классов точности (С, $С_3$, $С_4$), а для ширины зубчатого венца — по $С_5$. Шероховатость боковой поверхности зубьев принимают ∇ 6 — ∇7, а поверхностей цилиндров вершин и впадин — ∇ 5 — ∇ 6. На чертеже наносят также размеры, характеризующие конструктивные элементы обода, ступицы и диска колеса.

В верхнем правом углу чертежа помещают таблицу параметров (рис. 347, 348). Таблица состоит из трех частей, которые отделены друг от друга сплошными основными линиями. Первая часть таблицы содержит основные данные (для изготовления), вторая — данные для контроля и третья — справочные данные. Рассмотрим заполнение отдельных позиций таблицы параметров (рис. 348).

Позиция (*1*). Для колес с прямыми зубьями указывают модуль m (m_t), а для косозубых колес — нормальный модуль m_n или торцовый модуль m_t.

Позиция (*2*). Указывают число зубьев z.

Позиция (*3*). Для косозубых и шевронных колес указывают значение угла наклона β.



КМТЧ.221506.000
∇4 (∇)
2×45°
2 фаски
В
Б
∇5
∇5
∇6
R5
Ф256-0,11
1×45°
2 фаски
Ф120
Ф190
2×45°
2 фаски
Б
R5
25
25
75-0,4
∇5
∇5
12U4(+0,050/+0,014)
∇6
∇6
Ф72A5(+0,4)
I
∇6
A
Ф82A3(+0,07)
I
M2:1
R0,5
0,5×45°
Модуль | m | 8
Число зубьев | z | 30
Исходный контур | - | ГОСТ 13755-68
Коэффициент смещения исходного контура | x | 0
Степень точности по ГОСТ 1643-72 | - | Ст.8-С
Диаметр делительной окружности | d | 240
Толщина зуба по дуге делительной окружности | St | 12,56
Обозначение чертежа сопряженного колеса | - | ...
Шлицевое соединение
Условное обозначение отверстия по ГОСТ 1139-58 | D10×72×82A3U4
Число зубьев | z | 10
1. HRC 56...62
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по A7, валов - по B7, остальных - по CM7
3. Радиальное биение поверхности В относительно поверхности А не более 0,065 мм
4. Торцовое биение поверхности Б зубчатого венца относительно оси поверхности А не более 0,033 мм
КМТЧ.221506.000
Изм. Лист № докум. Подпись Дата
Разраб. Утбенкол
Провер. Хаскин А. 2.3.73
Т.контр. Хаскин А. 2.3.73
Н.контр.
Утв.
Колесо цилиндрическое зубчатое
Лит. Масса Масшт.
И 16 1:2
Лист Листов 1
Сталь 30ХГТ ГОСТ 4543-71
КМТ Гр. СМ-34

Рис. 347

Позиция (*4*). Отмечают направление наклона косых зубьев надписью «Правое» или «Левое», а для шевронных — «Шевронное». Для прямозубых колес позиции (*3*) и (*4*) из таблицы исключают.

Позиция (*5*). Указывают параметры исходного контура. Исходный контур — это контур зубьев нарезающей рейки в нормальном к направлению зубьев сечении. Стандартизованный исходный контур задается ссылкой на ГОСТ 13755—68, а для мелкомодульных зубьев — на ГОСТ 9587—68.

Позиция (*6*). Указывают коэффициент смещения исходного контура в долях нормального модуля с соответствующим знаком. Эта позиция заполняется лишь в том случае, если поверхность зуба подвергается модификации. Если модификации нет, проставляют цифру 0. (Модификация — это преднамеренное отклонение поверхности зуба от теоретической поверхности, осуществляемое для компенсации факторов, отрицательно влияющих на работу зубчатой передачи. Вопросы модификации зубьев в учебнике не рассматриваются).

Модуль	m	(1)
Число зубьев	z	(2)
Угол наклона зуба	β	(3)
Направление зуба	—	(4)
Исходный контур	—	(5)
Коэффициент смещения исходного контура	x	(6)
Степень точности по ГОСТ 1643-72	—	(7)
Диаметр делительной окружности	d	(8)
Толщина зуба по дуге делительной окружности	S_t	(8)
Обозначение чертежа сопряженного колеса	—	(9)
	10	35

20; 7min; 110

Рис. 348

Позиция (*7*). Указывают степень точности и вид сопряжения по ГОСТ 1643—72. Стандарт устанавливает двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач. Обозначаются они в порядке убывания точности цифрами 1, 2, ..., 11, 12. Для каждой степени точности стандарт устанавливает три нормы: 1) кинематической точности; 2) плавности работы; 3) контакта зубьев колес и передач. Независимо от степени точности устанавливается шесть видов сопряжений колес и передач — *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *H* — и восемь видов допуска на боковой зазор, обозначаемых в порядке его возрастания буквами *h*, *d*, *c*, *b*, *a*, *z*, *y*, *x*.

В условиях отсутствия специальных требований к передаче существует соответствие между видами сопряжений и допусками на боковой зазор: видам сопряжений *D*, *C*, *B* и *A* соответствуют допуски *d*, *c*, *b* и *a*, а сопряжениям *H* и *E* — допуск *h*. Числовые значения всех этих величин даны в ГОСТ 1643—72.

Примеры условных обозначений степени точности зубчатых колес:

«7 — *C* ГОСТ 1643—72» — передача 7-й степени точности по всем трем нормам, с видом сопряжения колес *C* и соответствием между видом сопряжения и допуском на боковой зазор;

«8—7—6—*Ba* ГОСТ 1643—72» — передача со степенью 8 по нормам кинематической точности, со степенью 7 по нормам плавности работы, со степенью 6 по нормам контакта зубьев, с видом сопряжения колес *B* и видом допуска на боковой зазор *a*.

Таблица 19

Формулы для расчета цилиндрических зубчатых колес

Элемент	Зубчатое колесо	Шестерня
Диаметр делительной окружности	$d_2 = mz_2$	$d_1 = mz_1$
Высота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1{,}25m$	$h_f = 1{,}25m$
Полная высота зуба	$h = 2{,}25m$	$h = 2{,}25m$
Диаметр окружности вершин	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_{f2} = m(z_2 - 2{,}5)$	$d_{f1} = m(z_1 - 2{,}5)$
Ширина зубчатого венца	$b_2 = 8m$	$b_1 = 8m$
Внутренний диаметр обода	$d_{o2} = d_{a2} - 8{,}5m$	$d_{o1} = d_{a1} - 8{,}5m$
Диаметр ступицы	$d_{c2} = 1{,}6d_{в2}$	$d_{c1} = 1{,}6d_{в1}$
Длина ступицы	$L_{c2} = 1{,}1b_2$	$L_{c1} = 1{,}1b_1$
Толщина диска	$K = 0{,}3b_2$	—
Диаметр центровой окружности	$d_3 = 0{,}5\,(d_{o2} + d_{c2})$	—
Диаметр отверстий	$d_4 = 0{,}25\,(d_{o2} - d_{c2})$	—
Радиусы галтелей и фаски	$R = 2 \div 3$ *мм*; $c_2 = 2 \div 3$ *мм*	$R = 2 \div 3$ *мм*; $c_1 = 2 \div 3$ *мм*
Величина среза зубьев на торцовых кромках	$n_2 = 0{,}5\ m$	$n_1 = 0{,}5\ m$
Размеры прямоугольной шпонки	По ГОСТ 8789—68	По ГОСТ 8789—68
Размеры шпоночного паза	По ГОСТ 8788—68	По ГОСТ 8788—68

Во второй части таблицы параметров приводят данные для контроля толщины зуба. Этот контроль выполняют различными способами: а) по длине общей нормали W; б) размером M по измерительным роликам; в) размером толщины $\overline{S}$ зуба по хорде и измерительной высотой $\overline{h}_a$ до этой хорды и др. Для зубчатых передач 7-й степени точности и грубее допускается во второй части таблицы данные для контроля не помещать, а в технических требованиях делать запись «Данные для контроля по нормам точности — по ГОСТ...».

Позиция (*8*). Эта позиция относится ко второй части таблицы. При отсутствии данных для контроля по нормам точности указывают диаметр d делительной окружности и толщину S_t зуба по дуге делительной окружности (рис. 347).

Позиция (*9*). При необходимости указывают обозначение сопряженного зубчатого колеса.

Цилиндрическая зубчатая передача. Передачу образуют два зубчатых колеса, находящихся в зацеплении. Зубчатое колесо с меньшим числом зубьев, как правило ведущее, называют *шестерней*, а колесо с бóльшим числом зубьев — *колесом*. Оба колеса имеют одинаковый модуль и одинаковые геометрические размеры зубьев.

Каждая передача характеризуется передаточным числом u, т. е. отношением числа зубьев колеса к числу зубьев шестерни:

$$u = \frac{z_2}{z_1}, \quad \text{или} \quad u = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}.$$

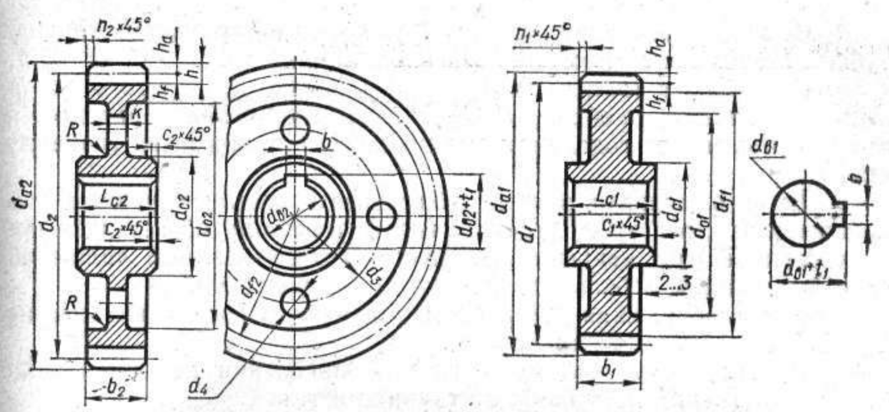


Рис. 349

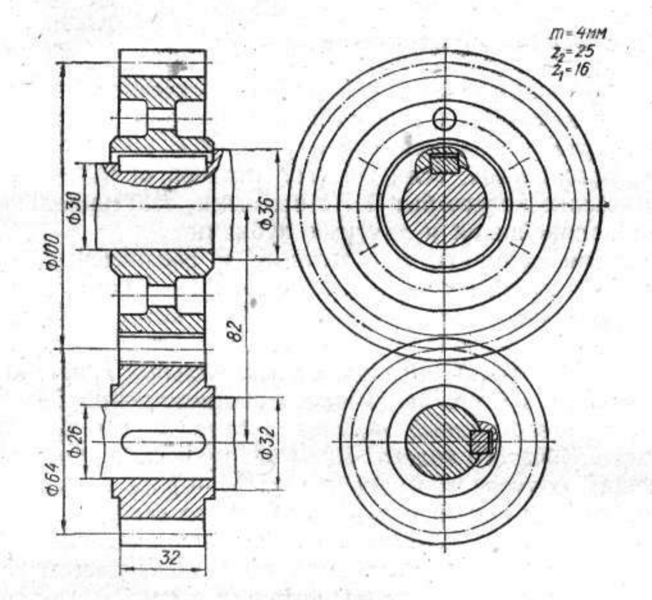


Рис. 350

Чтобы вычертить передачу, нужно знать формулы не только геометрического расчета зубьев колеса, о которых речь шла выше, но и конструктивного расчета элементов колеса — обода, диска, ступицы. На рис. 349 приведены обозначения, а в табл. 19 — формулы для расчета зубчатых колес с фрезерованными зубьями.

Вычерчивая передачу, нужно учитывать следующее:

1. Цилиндрическую передачу рекомендуется показывать в двух изображениях: продольном фронтальном разрезе на месте вида спереди и виде слева. Размеры на чертеже наносить по примеру рис. 350.

2. Начальные окружности ведущего и ведомого колес касаются друг друга в точке, лежащей на межосевой линии. На рис. 350 межосевое расстояние равно 82 *мм*.

3. В зоне зацепления колес окружности поверхностей вершин зубьев изображают сплошной основной линией (рис. 346, *а*; 350).

4. Окружности поверхностей вершин и впадин колес в зоне зацепления не касаются, а образуют радиальный зазор 0,25 m. Объясняется это тем, что высота головки зуба меньше высоты ножки на величину 0,25 m.

5. На виде спереди в разрезе зуб ведущего колеса изображают расположенным перед зубом ведомого колеса и поэтому образующая поверхности вершин меньшего (ведущего) колеса наведена сплошной основной линией, а большего (ведомого) — штриховой.

6. Для изображения шпоночного соединения вала с колесом на чертеже выполняют местный разрез.

7. На сборочном чертеже зубчатого зацепления не изображают фасок, скруглений на зубьях, на ступице и т. п.

22.3. Коническая зубчатая передача

Передачу между валами, оси которых пересекаются, осуществляют при помощи конических зубчатых колес (материал излагается по проекту стандарта). Если межосевой угол $\Sigma = 90°$, то передача называется *ортогональной*, если же угол отличен от 90° — *неортогональной*. Конические колеса бывают с прямыми, тангенциальными, круговыми, криволинейными и другими зубьями.

Рассмотрим термины, определения и обозначения, относящиеся к коническим зубчатым колесам (рис. 351). Кроме таких понятий, как шаг, модуль, высота зуба и другие, которые рассматривались в предыдущем параграфе, для конических колес характерен ряд новых понятий и определений. Различают *делительный конус, конус вершин и конус впадин* зубьев, являющиеся соответственно *делительной поверхностью, поверхностью вершин* зубьев и *поверхностью впадин* конического зубчатого колеса. Углы между осью и образующими соответствующих конусов обозначают так: δ_a — *угол конуса вершин*, δ — *угол делительного конуса* и δ_f — *угол конуса впадин*.

Дополнительными конусами называют конические поверхности, образующие которых перпендикулярны к образующим делительного конуса. На рис. 351 изображены внешний и внутренний дополнительные конусы. Угол между образующими дополнительных конусов и осью обозначают φ.

При проектировании передачи определяют также *угол головки зуба* θ_a и *угол ножки зуба* θ_f. Из чертежа видно, что зависимость между углами может быть выражена формулами

$$\delta_a = \delta + \theta_a; \quad \delta_f = \delta - \theta_f.$$

Шаг, модуль и высота зубьев у конических колес переменны и увеличиваются в направлении от вершины делительного конуса к его основанию. Расчет всех параметров производят по размерам, взятым на поверхности внешнего дополнительного конуса.

Различают три окружности, по которым соосные конические поверхности пересекаются с внешним дополнительным конусом:

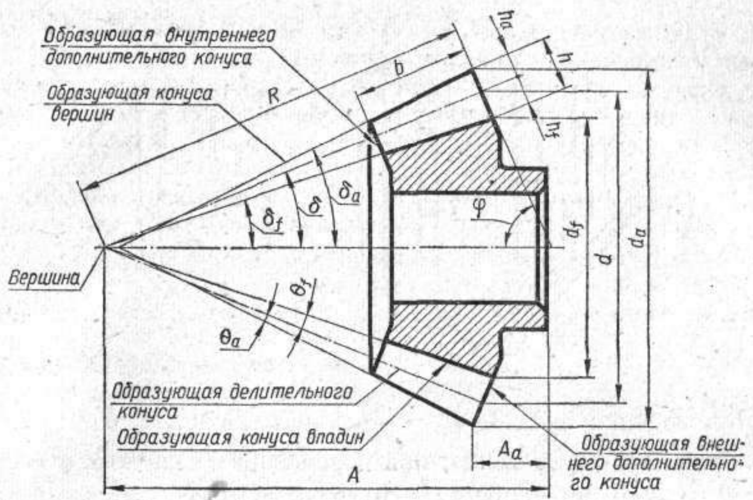


Рис. 351

внешняя делительная окружность (диаметр d), *внешняя окружность вершин зубьев* (диаметр d_a) и *внешняя окружность впадин зубьев* (диаметр d_f).

Высота зуба h — это полурасстояние между окружностями вершин и впадин конического колеса, измеренное по образующей внешнего дополнительного конуса.

Высоту головки и ножки зуба обозначают h_a и h_f. *Внешний шаг зубьев* по дуге делительной окружности обозначают P_t, а соответствующий ему модуль — m, где $m = \frac{P_t}{\pi}$.

Длина отрезка образующей делительного конуса от его вершины до пересечения с образующей дополнительного конуса называется конусной дистанцией R. Базовое расстояние A — это расстояние от вершины конического колеса до его базовой плоскости — торцовой плоскости колеса.

Расчетным базовым расстоянием A_a является расстояние от внешней окружности вершин зубьев до базовой плоскости колеса. *Ширина венца колеса b* — расстояние между внешним и внутренним торцами, измеренное параллельно образующей делительного конуса.

Геометрический расчет конического колеса производят по следующим формулам:

диаметр делительной окружности $d = mz$;

высота головки зуба $h_a = m$; высота ножки зуба $h_f = 1{,}25\ m$;

полная высота зуба $h = h_a + h_f = 2{,}25\ m$;

диаметр окружности вершин $d_a = d + 2m \cos\delta = m\,(z + 2\cos\delta)$;

диаметр окружности впадин $d_f = d - 2{,}5\ m\cos\delta = m\,(z - 2{,}5\cos\delta)$;

конусная дистанция $R = \frac{d}{2\sin\delta} = \frac{mz}{2\sin\delta}$;

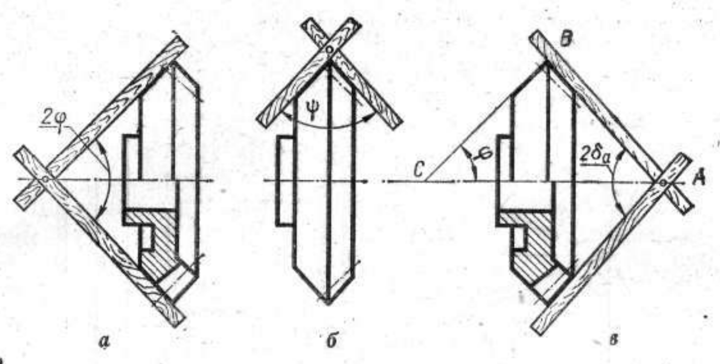


Рис. 352

угол головки зуба $\operatorname{tg}\theta_a = \frac{h_a}{R}$; угол ножки зуба $\operatorname{tg}\theta_f = \frac{h_f}{R}$; ширина зубчатого венца; при переменной нагрузке $b = (0{,}25 \div 0{,}3)\,R$, при постоянной нагрузке $b \approx 0{,}4R$.

Выполнение эскиза конического зубчатого колеса с натуры производят в такой последовательности:

1. Измеряют диаметр окружности вершин d_a, ширину венца b и подсчитывают число зубьев z_2.

2. Определяют величину угла δ делительного конуса. Выполнить это можно двумя способами:

а) при помощи угломера, в простейшем случае состоящего из двух линеек и транспортира, замеряют угол 2φ при вершине дополнительного конуса (рис. 352, *а*). Тогда угол $\delta = 90° - \varphi$ (рис. 351);

б) при помощи угломера замеряют удвоенный угол конуса вершин $2\delta_a$ и угол ψ между образующими конуса вершин и дополнительного конуса (рис. 352, *б*, *в*). Из треугольника ABC (рис. 352, *в*) следует, что $\varphi = 180° - (\psi + \delta_a)$, а искомый угол делительного конуса $\delta = 90° - \varphi$.

3. Найденное значение угла δ для ортогональной передачи корректируют по формуле $\operatorname{tg}\delta = \frac{z_2}{z_1}$ (см. рис. 354). Подставляя в формулу значение числа зубьев z_2 и найденную величину δ, определяют число зубьев шестерни z_1. Если это число окажется дробным, что невозможно, берут ближайшее целое значение z_1, подставляют в формулу и находят уточненное значение угла δ делительного конуса (значение этого угла определяют с точностью до минут).

4. По формуле $m = \frac{d_a}{z_2 + 2\cos\delta}$ находят величину торцового модуля. Найденное значение сверяют со стандартом (с. 357) и для дальнейшего расчета принимают ближайшее стандартное значение.

5. По приведенным выше формулам и найденным значениям определяют все геометрические параметры конического колеса.

Пример. При снятии эскиза с натуры определили:

$$d_a = 260\ мм;\quad z_2 = 56;\quad \delta = 71°;\quad b = 42\ мм.$$

Проверяют величину угла делительного конуса:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{z_2}{z_1}; \quad z_1 = \frac{z_2}{\operatorname{tg}\delta} = \frac{56}{\operatorname{tg}71^\circ} = \frac{56}{2,9042} \approx 19,3.$$

Принимают $z_1 = 19$ и находят уточненное значение угла δ:

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{z_2}{z_1} = \frac{56}{19} = 2,9474,$$

откуда

$$\delta = 71^\circ 15'.$$

Определяют значение торцового модуля:

$$m = \frac{d_a}{z_2 + 2\cos\delta} = \frac{260}{56 + 2\cos 71^\circ 15'} = \frac{260}{56 + 2 \cdot 0,3214} = 4,58 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 9563—60 принимают модуль $m = 4,5$ *мм*.

Рассчитывают геометрические параметры конического колеса:

$$d = mz_2 = 4,5 \cdot 56 = 252 \text{ мм};$$

$$d_a = m(z_2 + 2\cos\delta) = 4,5(56 + 2\cos 71^\circ 15') = 254,9 \text{ мм};$$

$$d_f = m(z_2 - 2,5\cos\delta) = 4,5(56 - 2,5\cos 71^\circ 15') = 248,4 \text{ мм};$$

$$h_a = m = 4,5 \text{ мм}; \quad h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 4,5 = 5,625 \text{ мм};$$

$$h = h_a + h_f = 4,5 + 5,625 = 10,125 \text{ мм};$$

$$R = \frac{mz_2}{2\sin\delta} = \frac{4,5 \cdot 56}{2\sin 71^\circ 15'} = 133,1 \text{ мм};$$

$$\operatorname{tg}\theta_a = \frac{h_a}{R} = \frac{4,5}{133,1} = 0,0338, \quad \text{откуда } \theta_a = 1^\circ 56';$$

$$\operatorname{tg}\theta_f = \frac{h_f}{R} = \frac{5,625}{133,1} = 0,04234, \quad \text{откуда } \theta_f = 2^\circ 26';$$

$$\delta_a = \delta + \theta_a = 71^\circ 15' + 1^\circ 56' = 73^\circ 11';$$

$$\delta_f = \delta - \theta_f = 71^\circ 15' - 2^\circ 26' = 68^\circ 49'.$$

Условное изображение на чертеже конических колес. Конические колеса изображают на чертежах условно по тем же правилам, что и цилиндрические (ГОСТ 2.402—68),— см. с. 358.

Рабочий чертеж конического зубчатого колеса (ГОСТ 2.405—68). На рис. 353 рабочий чертеж конического колеса выполнен в двух изображениях: полном простом фронтальном разрезе на месте вида спереди и местном виде с изображением отверстия в ступице колеса. На рабочем чертеже указывают: диаметр окружности вершин d_a; расчетное базовое расстояние A_a; угол конуса вершин δ_a; угол внешнего дополнительного конуса φ; ширину зубчатого венца b; величину конусной дистанции R; базовое расстояние A; размеры фасок или радиусы закруглений на кромках зубьев; шероховатость боковых поверхностей зубьев, поверхностей конусов вершин и впадин. При необходимости дают рабочий профиль зуба и указывают предельное значение радиального биения поверхности вершин. В правом верхнем углу помещают таблицу параметров, заполняемую по примеру рис. 353.

Коническая зубчатая передача. На рис. 354 приведены обозначения, а в табл. 20 — формулы для расчета элементов конической передачи.

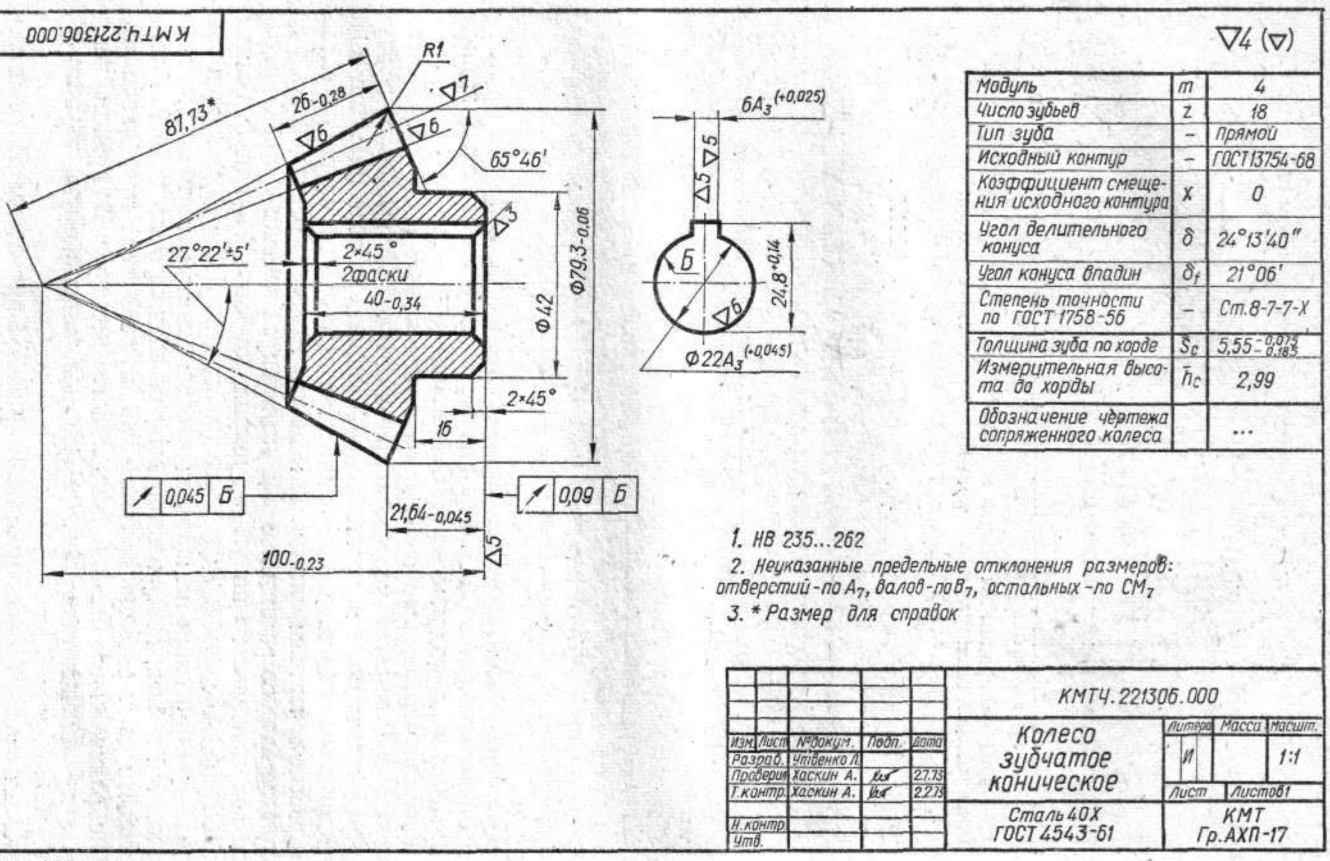

КМТЧ.221306.000
R1
87,73*
26-0,28
65°46'
27°22'±5'
2×45°
2фаски
40-0,34
Ф42
Ф79,3-0,06
16
2×45°
0,045 Б
0,09 Б
21,64-0,045
100-0,23
6A3(+0,025)
24,8+0,14
Ф22A3(+0,045)
Б
∇4 (∇)
Модуль | m | 4
Число зубьев | z | 18
Тип зуба | – | прямой
Исходный контур | – | ГОСТ13754-68
Коэффициент смещения исходного контура | x | 0
Угол делительного конуса | δ | 24°13'40"
Угол конуса впадин | δf | 21°06'
Степень точности по ГОСТ 1758-56 | – | Ст.8-7-7-Х
Толщина зуба по хорде | S̄c | 5,55 -0,075 -0,185
Измерительная высота до хорды | h̄c | 2,99
Обозначение чертежа сопряженного колеса | | ...
1. НВ 235...262
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по A7, валов - по B7, остальных - по CM7
3. * Размер для справок
КМТЧ.221306.000
Колесо зубчатое коническое
Сталь 40Х ГОСТ 4543-61
Изм. Лист №докум. Подп. Дата
Разраб. Утбенко Л.
Проверил Хаскин А. 2.7.73
Т.контр. Хаскин А. 2.2.73
Н.контр.
Утв.
Литера Масса Масшт.
И 1:1
Лист Листов 1
КМТ Гр.АХП-17

Рис. 353

Рис. 354

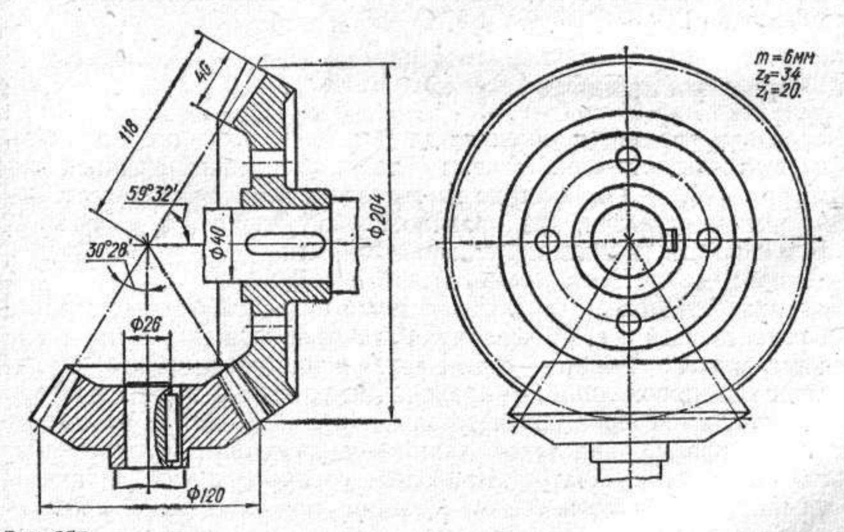


Рис. 355

Таблица 20

Формулы для расчета элементов конической зубчатой передачи

Элемент	Шестерня	Колесо
Диаметр делительной окружности	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Угол делительного конуса	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Конусная дистанция	$R_1 = \frac{mz_1}{2 \sin \delta_1}$; $R_1 = R_2$	$R_2 = \frac{mz_2}{2 \sin \delta_2}$
Ширина венца	$b_1 = 0{,}3R_1$; $b_1 = b_2$	$b_2 = 0{,}3R_2$
Длина ступицы	$L_{c1} = 1{,}3d_{в1}$	$L_{c2} = 1{,}3d_{в2}$
Диаметр ступицы	$d_{c1} = 1{,}6d_{в1}$	$d_{c2} = 1{,}6d_{в2}$
Толщина обода	$e_1 = 0{,}2R_1$	$e_2 = 0{,}2R_2$
Толщина диска	—	$k_2 = 0{,}17R_2$
Высота выступа	—	$p = 0{,}1d_{в2}$
Высота фаски	$c = 2 \div 3$ *мм*	$c = 2 \div 3$ *мм*
Радиусы скруглений	$r = 2 \div 3$ *мм*	$r = 2 \div 3$ *мм*

Примечания: 1. Размеры d_{a2}, d_{a1}, R получаются построением.
2. Диаметр центровой окружности d_3 проводят посредине между окружностями *I* и *II* (рис. 354); диаметр отверстий d_4 принимают равным одной четвертой разности диаметров окружностей *I* и *II*.

На рис. 355 коническая передача изображена в том виде, в каком ее следует выполнять в учебном задании. Малое колесо является ведущим, поэтому образующая поверхности головки зуба этого колеса в разрезе выполнена сплошной основной линией, а большего колеса — штриховой. На чертеже проставлены размеры, рекомендуемые для нанесения на чертеже передачи. Размеры шпонок и шпоночных пазов берут по ГОСТ 8788—68 и 8789—68.

22.4. Червячная передача

Червячную передачу применяют для передачи движения с постоянным передаточным отношением между валами со скрещивающимися осями (см. рис. 342, *д*). Она состоит из червяка и червячного колеса. Ведущим звеном передачи, как правило, служит червяк, т. е. передача используется для понижения угловой скорости.

Червяк — это шестерня червячной передачи.

Поверхность витков червяка является винтовой (геликоидной) с осью, совпадающей с осью червяка. Различают червяки: а) по числу заходов z_1 винтовой линии — одно-, двух- и многозаходные; б) по направлению винтовой линии — право- и левозаходные; в) по характеру поверхности, на которой они нарезаны,— цилиндрические и глобоидные; г) по профилю винтовой линии — архимедовы, эвольвентные, конволютные, нелинейчатые. Наиболее распространены архимедовы червяки, имеющие в осевом сечении прямолинейный профиль (рис. 356), а в сечении, перпендикулярном к оси,— профиль архимедовой спирали.

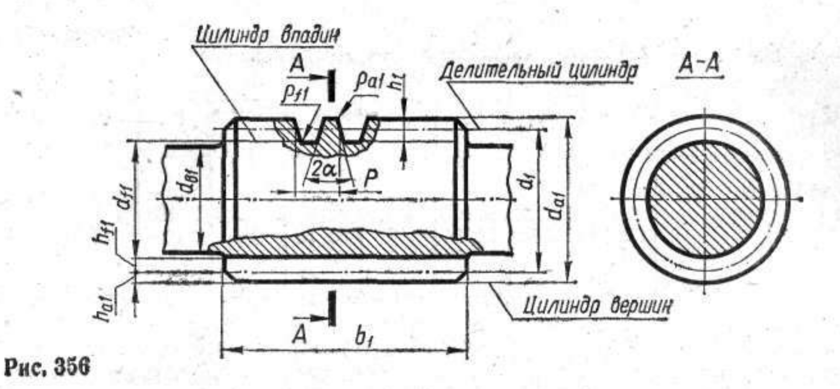


Рис. 356

Нарезают червяки на токарных или на червячно-фрезерных станках при помощи дисковых фрез. Изготовляют червяки из среднеуглеродистых конструкционных сталей марок 35; 45; 50, из легированных сталей марок 40Х, 40ХН и др. Для увеличения износоустойчивости витки червяков подвергают поверхностной закалке или цементации до твердости *HRC* 50 ... 60. Рабочие поверхности червяков шлифуют, а при больших оборотах и полируют.

Основные параметры червяка и их геометрический расчет.

Соосная цилиндрическая поверхность, являющаяся базой для определения элементов червяка и отсчета их размеров, называется делительным цилиндром (рис. 356).

Шаг червяка P — это расстояние между одноименными профилями соседних витков по образующей делительного цилиндра. *Модуль* m — линейная величина, в π раз меньшая шага червяка, т. е. $m = \frac{P}{\pi}$.

Диаметр делительного цилиндра обозначают буквой d_1 (элементам червяка придают индекс «1», а элементам колеса — индекс «2»).

Диаметр делительного цилиндра, или, что то же, делительной окружности, $d_1 = mq$, где q — коэффициент диаметра червяка. Эта величина показывает, какое число модулей содержится в диаметре делительного цилиндра. ГОСТ 2144—66 устанавливает зависимость между значениями модуля m и коэффициентом q (табл. 21).

Для многозаходных червяков, кроме понятия шага, существует и понятие хода. *Ход червяка* P_z — расстояние по делительной поверхности между двумя положениями точки винтовой линии, соответствующее одному полному обороту червяка вокруг оси; $P_z = z_1P$.

Высота головки витка h_{a1} — полурасстояние между окружностью вершин витка и делительной окружностью червяка; $h_{a1} = m$.

Высота ножки витка h_{f1} — полурасстояние между делительной окружностью и окружностью впадин червяка; $h_{f1} = 1{,}2m$.

Высота витка — полурасстояние между окружностями вершин витков и впадин червяка; $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2{,}2m$.

Диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2)$.

Диаметр впадин червяка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2{,}4)$.

Таблица 21

Соотношения между значениями модуля m и коэффициента q

Модуль червяка m	4	5	6	7	8	9	10	12	14
Коэффициент диаметра червяка q	9, 10, 12, 14, 16	9, 10, 12, 16	9, 10, 12, 14	9, 10, 12	8, 9, 10, 12	8, 10, 12	8, 10, 12	8, 10, 12	8, 10

Радиальный зазор c_1 — расстояние по межосевой линии передачи между поверхностью вершин зубьев червячного колеса и впадин червяка; $c_1 = 0{,}2m$.

Длина b_1 нарезанной части червяка определяется из соотношений:

для одно-и двухзаходных червяков $b_1 \geqslant (11 + 0{,}06\, z_2)\, m$;

для четырехзаходных червяков $b_1 \geqslant (12{,}5 + 0{,}09 z_2)\, m$,

где z_2 — число зубьев сопряженного червячного колеса. Для шлифуемых и фрезеруемых червяков найденную длину увеличивают на 25 *мм* при модуле $m < 10$ *мм*, на 35—40 *мм* при $m = 10 \div 16$ *мм* и на 50 *мм* при $m > 16$ *мм*. Окончательная длина червяка округляется в соответствии со стандартом линейных размеров (ГОСТ 6636—69).

Радиус кривизны при вершине витка $\rho_{a1} = 0{,}1\, m$, радиус у основания витка $\rho_{f1} = 0{,}2\, m$.

Угол подъема линии витка на делительном цилиндре

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{z_1}{q}; \quad \gamma = \operatorname{arctg}\frac{z_1}{q}.$$

Расчетная толщина витка на делительном цилиндре $S = 0{,}5\, \pi m$.

Угол профиля архимедова червяка в осевом сечении $\alpha = 20°$.

Вычерчивание червяка с натуры выполняют в такой последовательности:

1. Определяют диаметр d_{a1} вершин витков червяка, диаметр впадин d_{f1}, длину b_1 нарезанной части червяка, число заходов z_1 и направление винтовой линии (правое или левое).

2. По формуле $m = \dfrac{d_{a1} - d_{f1}}{4{,}4}$ рассчитывают значение модуля и сверяют его с рядом стандартных модулей (с. 357, ГОСТ 9563—60). В расчет принимают ближайшее стандартное значение модуля.

3. По выбранному модулю определяют коэффициент q диаметра червяка и рассчитывают диаметр делительного цилиндра $d_1 = mq$.

4. Уточняют значения диаметров вершин витка d_{a1} и впадин d_{f1}, рассчитывают остальные геометрические параметры червяка ($h_1, P, \rho_{a1}, \rho_{f1}$).

Пример. Снимая эскиз червяка с натуры, определили такие данные: $d_{a1} = 82$ *мм*; $d_{f1} = 52$ *мм*; $b_1 = 100$ *мм*; $z_1 = 1$. Направление винтовой линии — правое; червяк имеет архимедову винтовую поверхность.

Определяют значение модуля: $m = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{4,4} = \frac{82 - 52}{4,4} = 6,82$ *мм*. По ГОСТ 9563—60 модуля $m = 6,82$ *мм* нет, поэтому в расчет принимают $m = 7$ *мм*. По табл. 21 (ГОСТ 2144—66) находят, что для данного модуля коэффициент диаметра червяка может быть принят $q = 10$. Следовательно, диаметр окружности делительного цилиндра $d_1 = mq = 7 \cdot 10 = 70$ *мм*.

Уточняют значения диаметров вершин и впадин витков червяка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 70 + 2 \cdot 7 = 84 \text{ мм};$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 70 - 2,4 \cdot 7 = 53,2 \text{ мм}.$$

Шаг червяка $P = \pi m = 3,14 \cdot 7 = 21,98$ *мм*.

Ход червяка P_z равен шагу P, так как червяк однозаходный.

Высота витка червяка $h_1 = 2,2m = 2,2 \cdot 7 = 15,4$ *мм*.

Угол подъема линии витка на делительном цилиндре

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{10} = 0,1, \quad \text{откуда } \gamma = 5° 42' 38''.$$

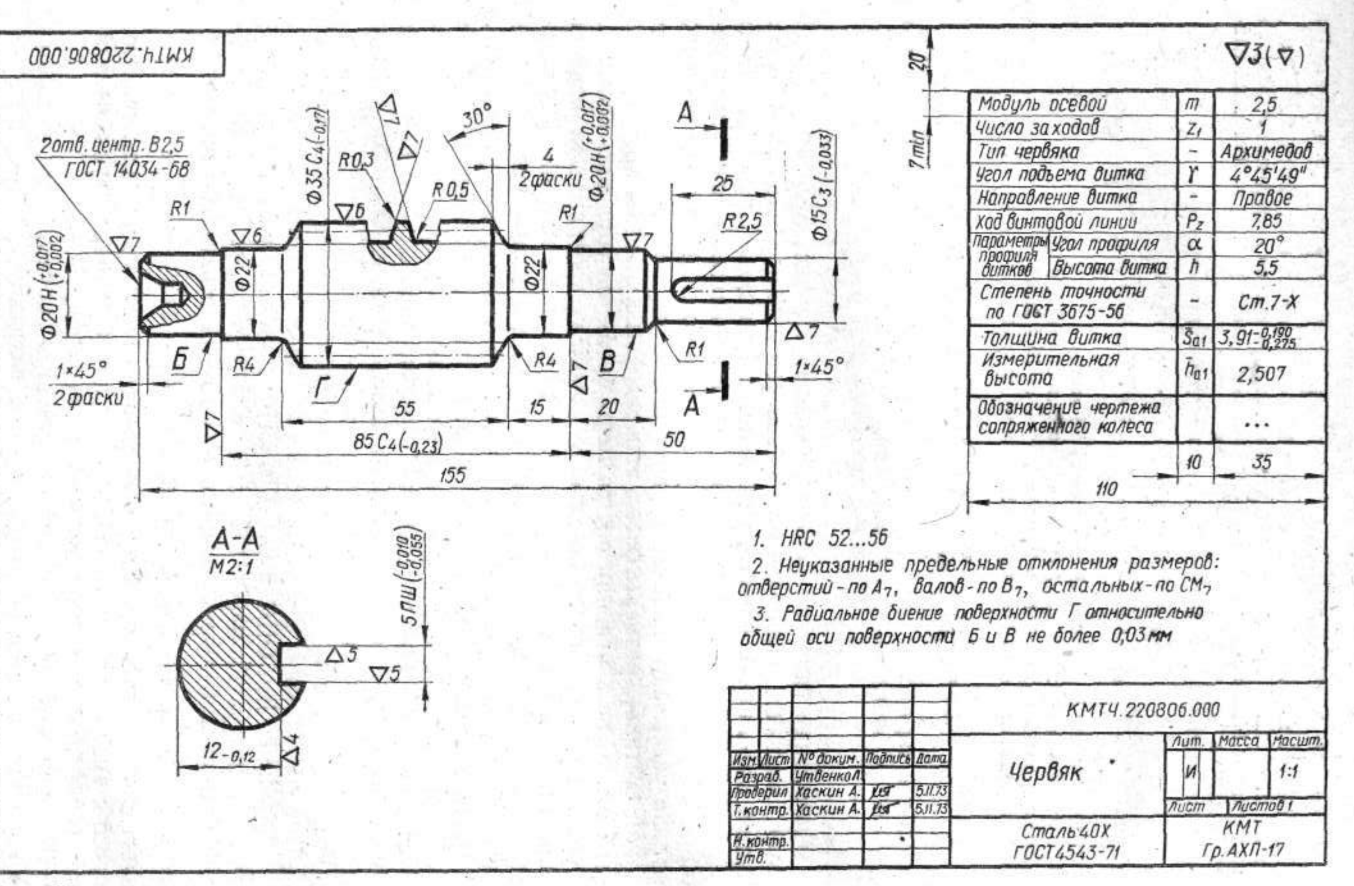
Радиусы скруглений витка при вершине $\rho_{a1} = 0,1m = 0,1 \cdot 7 = 0,7$ *мм*, при основании $\rho_{f1} = 0,2m = 0,2 \cdot 7 = 1,4$ *мм*.

Оформление рабочего чертежа червяка. На рис. 357 дан рабочий чертеж червяка, выполненный в соответствии с ГОСТ 2.406—68. Чертеж выполнен в двух изображениях: 1) виде спереди с местным разрезом для выявления профиля витка в осевом сечении и 2) вынесенном сечении по шпоночному пазу. На изображении цилиндрического червяка указывают: диаметр вершин витков червяка d_{a1}, длину нарезанной части b_1, размеры фасок или радиусы кривизны при вершине витка ρ_{a1} и при основании ρ_{f1}, размеры фасок на торцовых кромках, шероховатость боковых поверхностей витков, поверхностей вершин и впадин. Если необходимо, указывают предельное значение радиального биения поверхности вершин. В правом верхнем углу чертежа помещают таблицу параметров, заполняемую по примеру рис. 357.

Червячное колесо. Червячные колеса бывают с прямыми, а чаще с косыми зубьями. Форма выемки поверхности вершин зубьев колеса согласуется с формой поперечного сечения червяка. Зуб охватывает червяк по дуге, центральный угол которой равен 90—120°. Число зубьев рекомендуется брать в пределах 28—80.

Червячные колеса для закрытых передач выполняют в большинстве случаев составными. Зубчатый венец изготавливают из бронзы марок Бр. ОФ 10-1, Бр. ОЦС 6-6-3, Бр. ОНФ и других, а ступицу (центр) колеса — из чугуна марок СЧ 15-32; СЧ 18-36 и др. Венец со ступицей соединяют бандажированием (бронзовый венец насаживают на чугунный центр по прессовой посадке $\frac{\text{А}}{\text{Пр}}$ или $\frac{\text{А}}{\text{Пр } 1_3}$ с дополнительным креплением винтами), креплением болтами или изготовляют колесо в виде составной литой конструкции (чугунная ступица вставляется в форму, где отливают бронзовый венец).

За один оборот однозаходного червяка колесо поворачивается на величину шага, двухзаходного — на величину, равную двум шагам и т. д.


КМТЧ.220806.000
∇3(∇)
Модуль осевой m 2,5
Число заходов z_1 1
Тип червяка – Архимедов
Угол подъема витка γ 4°45'49"
Направление витка – Правое
Ход винтовой линии P_z 7,85
Параметры профиля витков Угол профиля α 20°
Высота витка h 5,5
Степень точности по ГОСТ 3675-56 – Ст.7-Х
Толщина витка $\bar{S}_{a1}$ $3,91^{-0,190}_{-0,275}$
Измерительная высота $\bar{h}_{a1}$ 2,507
Обозначение чертежа сопряженного колеса ...
2отв. центр. В2,5 ГОСТ 14034-68
1×45° 2фаски
4 2фаски
А-А М2:1
1. HRC 52...56
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по A_7, валов - по B_7, остальных - по CM_7
3. Радиальное биение поверхности Г относительно общей оси поверхности Б и В не более 0,03 мм
Изм. Лист № докум. Подпись Дата
Разраб. Утвенко А.
Проверил Хаскин А. 5.II.73
Т.контр. Хаскин А. 5.II.73
Н.контр.
Утв.
КМТЧ.220806.000
Червяк
Лит. Масса Масшт.
И 1:1
Лист Листов 1
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71
КМТ Гр. АХП-17
Рис. 357

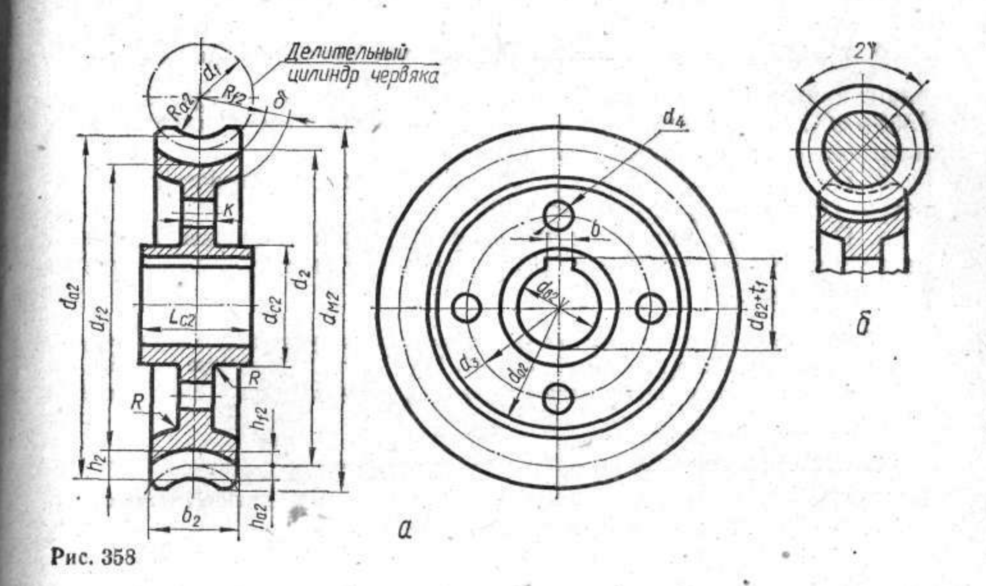


Рис. 358

Основные параметры червячного колеса и их расчет (рис. 358, *а*). Средний делительный диаметр червячного колеса $d_2 = mz_2$, где z_2 — число зубьев колеса.

Диаметр вершин зубьев колеса $d_{a2} = m\,(z_2 + 2)$.

Диаметр впадин колеса $d_{f2} = m\,(z_2 - 2{,}4)$.

Высота головки зуба $h_{a2} = m$, высота ножки зуба $h_{f2} = 1{,}2m$.

Высота зуба $h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 2{,}2m$.

Шаг зубьев червячного колеса $P = \pi m$.

Наибольший диаметр колеса по ГОСТ 2144—66 принимают таким:
для однозаходного червяка $d_{м2} \leqslant d_{a2} + 2m$;
» двухзаходного » $d_{м2} \leqslant d_{a2} + 1{,}5m$;
» четырехзаходного » $d_{м2} \leqslant d_{a2} + m$.

Ширина венца колеса $b_2 \leqslant 0{,}75 d_{a1}$ при $z_1 = 1$ и $z_1 = 2$ и $b_2 \leqslant 0{,}67 d_{a1}$ при $z_1 = 4$.

Радиус выемки поверхности вершин зубьев колеса

$$R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m.$$

Выполняя расчет червячной передачи, нужно проверять условный угол 2ν охвата червяка венцом колеса (рис. 358, *б*). Величину этого угла определяют по формуле $\sin\nu = \frac{b_2}{d_{a1} - 0{,}5m}$. Для силовых передач величина угла 2ν должна быть в пределах 90—120°.

Последовательность выполнения эскиза червячного колеса с натуры:

1. Измеряют диаметр d_{a2} вершин зубьев колеса, наибольший диаметр колеса $d_{м2}$, ширину венца b_2 и подсчитывают число зубьев z_2 колеса. Кроме этого, нужно иметь данные, относящиеся к сопряженному червяку: угол γ подъема линии витка, равный углу наклона зубьев колеса, делительный диаметр червяка d_1 и число заходов z_1.

2. По формуле $m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2}$ определяют значение модуля и сверяют найденное значение с таблицей стандартных модулей (ГОСТ 9563—60). Если найденного модуля в таблице нет, то в расчет принимают ближайшее стандартное значение.

3. По принятому модулю рассчитывают все геометрические параметры колеса — d_2, d_{f2}, h_2, P и др.

4. Проверяют, укладываются ли в допускаемые пределы значения наибольшего диаметра колеса $d_{м2}$ и условного угла 2ν охвата червяка венцом колеса.

Пример. Сняв эскиз червячного колеса и червяка с натуры, получили следующие данные: $d_{м2} = 305$ *мм*; $d_{a2} = 290$ *мм*; $z_2 = 40$; $b_2 = 70$ *мм*; направление винтовой линии — правое; диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = 84$ *мм*; число заходов червяка $z_1 = 2$.

Определяем значение модуля: $m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2} = \frac{290}{40 + 2} = 6{,}9$ *мм*. По ГОСТ 9563—60 (с. 357) модуля $m = 6{,}9$ *мм* нет, поэтому в расчет принимаем $m = 7$ *мм*.

Средний делительный диаметр червячного колеса

$$d_2 = mz_2 = 7 \cdot 40 = 280 \text{ мм}.$$

Диаметр впадин колеса $d_{f2} = m(z_2 - 2{,}4) = 7(40 - 2{,}4) = 263{,}2$ *мм*.

Диаметр вершин зубьев колеса (скорректированный)

$$d_{a2} = m(z_2 + 2) = 7(40 + 2) = 294 \text{ мм}.$$

Шаг червячной передачи

$$P = \pi m = 3{,}14 \cdot 7 = 21{,}98 \text{ мм}.$$

Величина хода $P_z = z_1 P = 2 \cdot 21{,}98 = 43{,}96$ *мм*.

Высота зуба колеса $h_2 = 2{,}2m = 2{,}2 \cdot 7 = 15{,}4$ *мм*.

Проверяем значение наибольшего диаметра колеса. Для двухзаходного червяка $d_{м2} \leqslant d_{a2} + 1{,}5m = 294 + 1{,}5 \cdot 7$, что укладывается в допустимые пределы.

Находим величину условного угла охвата червяка венцом колеса:

$$\sin \nu = \frac{b_2}{d_{a1} - 0{,}5m} = \frac{70}{84 - 0{,}5 \cdot 7} \approx 0{,}859,$$

откуда $\nu = 59°10'$, а $2\nu = 118°\,20'$, что находится в допустимых пределах (90—120°).

Рабочий чертеж червячного колеса. Условно червячные колеса на чертежах изображают по ГОСТ 2.402—68 по тем же правилам, что и цилиндрические зубчатые колеса (см. с. 358). Рабочие чертежи червячных колес выполняют по ГОСТ 2.406—68 и 2.407—68.

На рис. 359 выполнен сборочный чертеж составного червячного колеса, сопрягаемого с архимедовым червяком, а на рис. 360 даны рабочие чертежи венца и ступицы. Спецификация к сборочному чертежу приведена на рис. 361. Из чертежей видно, что зубья нарезают после сборки венца со ступицей, и поэтому все необходимые размеры для нарезания зубьев даны на сборочном чертеже. Чертеж червячного колеса выполняют в двух изображениях: главном изображении с полным фронтальным разрезом и местном виде на ступицу колеса со шпоночным пазом или со шлицами.

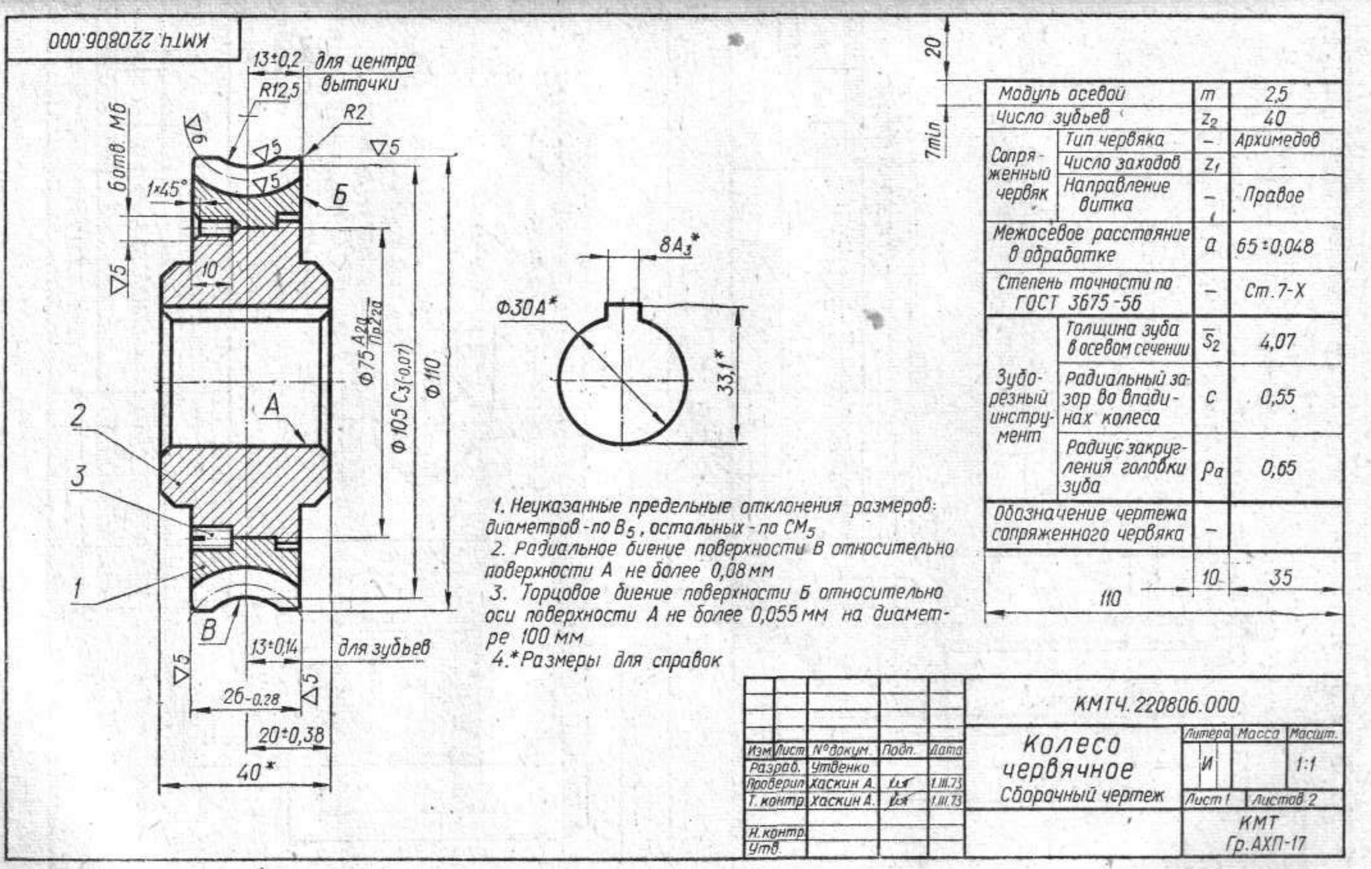

КМТЧ. 220806.000
13±0,2 для центра выточки
R12,5
R2
6отв. М6
1×45°
Б
10
$\Phi 75 \frac{A_{2a}}{Пр_{2a}}$
$\Phi 105\ C_3(-0,07)$
Ф110
А
В
2
3
1
13±0,14 для зубьев
26-0,28
20±0,38
40*
8A₃*
Ф30А*
33,1*
20
7min
Модуль осевой | m | 2,5
Число зубьев | z₂ | 40
Сопряженный червяк | Тип червяка | – | Архимедов
Число заходов | z₁ |
Направление витка | – | Правое
Межосевое расстояние в обработке | a | 65±0,048
Степень точности по ГОСТ 3675-56 | – | Ст. 7-Х
Зуборезный инструмент | Толщина зуба в осевом сечении | S̄₂ | 4,07
Радиальный зазор во впадинах колеса | c | 0,55
Радиус закругления головки зуба | ρa | 0,65
Обозначение чертежа сопряженного червяка | –
10
35
110
1. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по B₅, остальных - по CM₅
2. Радиальное биение поверхности В относительно поверхности А не более 0,08 мм
3. Торцовое биение поверхности Б относительно оси поверхности А не более 0,055 мм на диаметре 100 мм
4.* Размеры для справок
КМТЧ. 220806.000
Колесо червячное
Сборочный чертеж
Литера | Масса | Масшт.
И
1:1
Лист 1 | Листов 2
КМТ
Гр. АХП-17
Изм | Лист | № докум. | Подп. | Дата
Разраб. | Утвенко
Проверил | Хаскин А. | 1.III.73
Т. контр. | Хаскин А. | 1.III.73
Н. контр.
Утв.

Рис. 359

КМТЧ.220806.001

∇3(∇)

Ф115

Ф75A_{2a}(+0,046)

1×45°

6

Ф80

R0,5

∇6

28

Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров – по A_5, B_5, остальных – по CM_5

					КМТЧ. 220806.001			
						Лит.	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Венец	И	1,2	1:1
Разраб.		Утвенко						
Провер.		Хаскин А.		9.II.73				
Т. контр.		Хаскин А.		9.II.73		Лист	Листов 1	
Н. контр.					Бр. АЖ9-4Л ГОСТ493-54	КМТ Гр. АХП-17		
Утв.								

а

КМТЧ.220806.002

∇3 (∇)

2×45° 2 фаски

1×45°

∇7

$8A_3$ (+0,03)

∇5

Δ5

Б

Δ4

Ф78

Ф60

1,6×45° 2 фаски

А

Ф60

Ф75 $Пр2_{2a}$ (+0,148; +0,102)

33,1$^{+0,16}$

∇7

Ф30 А (+0,023)

21

6

Δ4

∇4

28

40

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров – по A_5, B_5, остальных – по CM_5

2. Торцовое биение поверхности Б относительно оси поверхности А не более 0,028 мм на диаметре 50 мм

					КМТЧ. 220806.002			
						Лит.	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Ступица	И	1	1:1
Разраб.		Утвенко Л.						
Проверил		Хаскин А.		9.II.73				
Т. контр.		Хаскин А.		9.II.73		Лист	Листов 1	
Н. контр.					Ст 5 ГОСТ380-71	КМТ Гр. АХП-17		
Утв.								

б

Рис. 360

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
12			КМТЧ.220806.000СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
11		1	КМТЧ.220806.001	Венец	1	
11		2	КМТЧ.220806.002	Ступица	1	
				Стандартные изделия		
		3		Винт М6×12.58 ГОСТ1479-64	6	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Утвенко				Колесо червячное	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Хаскин А.			10.II.73		И		1
Н. контр.						КМТ Гр. АХП-17		
Утв.								

Рис. 361

На изображении червячного колеса указывают: а) диаметр d_{a2} вершин зубьев колеса; б) наибольший диаметр колеса $d_{м2}$; в) ширину зубчатого венца b_2; г) расстояние от средней плоскости зубчатого венца до базового торца и предельное смещение средней плоскости венца в обработке; д) данные, определяющие внешний контур зубчатого венца, например: радиус выемки поверхности вершин зубьев R_{a2}, размеры фасок или радиусы закруглений на торцовых кромках. Кроме этого, указывают шероховатость боковых поверхностей зубьев, поверхностей вершин и впадин. При необходимости дают предельное значение радиального биения поверхности вершин в средней плоскости колеса и биение базового торца.

В правом верхнем углу рабочего чертежа помещают таблицу параметров. Размеры граф таблицы, их расположение и порядок заполнения таблицы видны на рис. 359.

Чертеж червячной передачи. На рис. 362 изображена червячная передача. Оси червяка и колеса скрещиваются под прямым углом. Для выполнения учебного чертежа червячной передачи нужно рассчитать не только геометрические, но и конструктивные элементы червяка и колеса, т. е. определить размеры обода, диска, ступицы и др. Приводим формулы для расчета элементов червячной передачи (см. рис. 356, 358):

Элементы червяка —

диаметр делительной окружности $d_1 = mq$ (значения q даны в табл. 21);

диаметр вершин витков червяка $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m\ (q + 2)$;

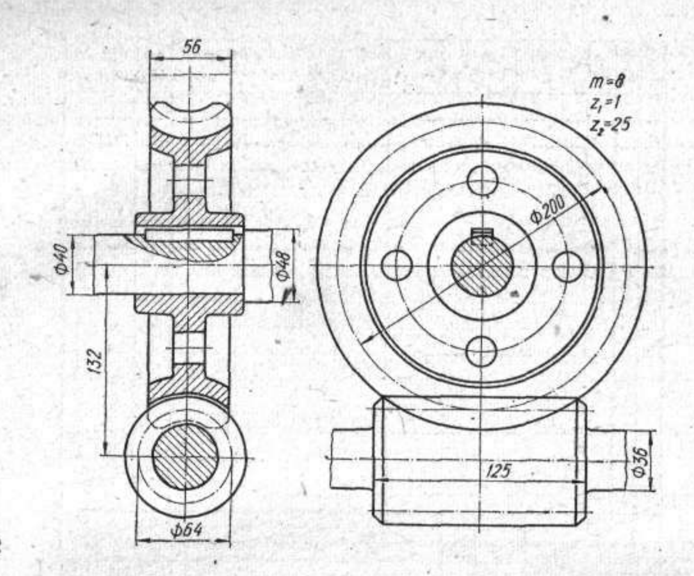


Рис. 362

диаметр впадин червяка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m\ (q - 2{,}4)$;
диаметр вала червяка $d_{в1} = d_{f1} - m$;
длина нарезанной части червяка $b_1 \geqslant (11 + 0{,}06\ z_2)\ m$ (при $z_1 =$ $= 1$ и 2).

Остальные формулы для расчета червяка см. на с. 371, 372.

Элементы червячного колеса —

делительный диаметр колеса $d_2 = mz_2$, где z_2 — число зубьев колеса;
диаметр вершин зубьев колеса $d_{a2} = m\ (z_2 + 2)$;
диаметр впадин колеса $d_{f2} = m\ (z_2 - 2{,}4)$;
высота зуба $h_2 = 2{,}2m$;
ширина венца колеса $b_2 \leqslant 0{,}75d_{a1}$ (при $z_1 = 1$ и 2);
радиус выемки поверхности вершин зубьев $R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m$;
радиус выемки поверхности впадин зубьев $R_{f2} = \frac{d_1}{2} + 1{,}2m$;
толщина обода венца колеса $\delta = 2m$;
диаметр ступицы $d_{c2} = 1{,}8d_{в2}$;
длина ступицы $L_{c2} = 1{,}3b_2$;
толщина диска $k = 0{,}3b_2$;
диаметр центровой окружности $d_3 = 0{,}5\ (d_{o2} + d_{c2})$;
диаметр отверстий $d_4 = 0{,}25\ (d_{o2} - d_{c2})$;
радиусы переходов и фаски $R = 2 \div 3$ *мм*; $c = 2 \div 3$ *мм*;
размеры прямоугольной шпонки — по ГОСТ 8789—68;
размеры шпоночного паза — по ГОСТ 8788—68.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные параметры цилиндрического зубчатого колеса.
2. По каким формулам рассчитывают диаметр делительной окружности, окружности вершин и впадин цилиндрического колеса?

3. Назовите основные геометрические элементы конического колеса.
4. По каким формулам рассчитывают элементы конического колеса.
5. Назовите основные параметры червяка и червячного колеса.
6. По каким формулам рассчитывают делительный диаметр червяка и червячного колеса? диаметры вершин и впадин червяка и червячного колеса?
7. Как условно изображают на чертеже цилиндрическое зубчатое колесо? коническое колесо? цилиндрический червяк?

Упражнение. Выполните карту программированного контроля по теме «Зубчатые передачи». Правильность ответов проверьте на с. 444.

Карта программированного контроля по теме „Зубчатые передачи"

1. По какой формуле рассчитывают диаметр впадин цилиндрического зубчатого колеса?
2. Рассчитайте диаметр окружности вершин цилиндрического зубчатого колеса, если $m = 8$, а $z = 32$.
3. Чему равна полная высота зуба цилиндрического колеса, если $m = 8$?
4. Каким типом линии условно изображают делительную окружность зубчатого колеса?
5. Диаметр впадин равен 54 *мм*. Число зубьев $z = 16$. Чему равен модуль цилиндрического зубчатого колеса?
6. Как называется конус, обозначенный цифрой *1* на рис. 1?
7. Как называется конус, обозначенный цифрой *2* на рис. 1?
8. Как называется угол, обозначенный цифрой *3* на рис. 1?
9. На каком чертеже (рис. 2, *а—г*) правильно изображено зацепление цилиндрических колес в разрезе?

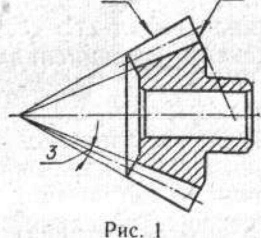
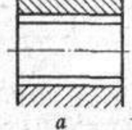
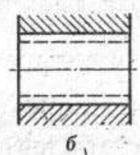
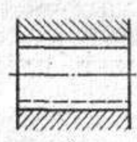


Рис. 1

10. Напишите формулу, по которой рассчитывают диаметр окружности впадин конического колеса.







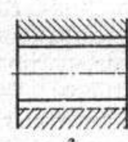


Рис. 2

11. Чему равно расстояние между центрами двух цилиндрических зубчатых колес, если $z_1 = 16$; $z_2 = 36$ и модуль $m = 6$?
12. На каком чертеже (рис. 3, *а—в*) правильно изображено зацепление двух цилиндрических зубчатых колес?

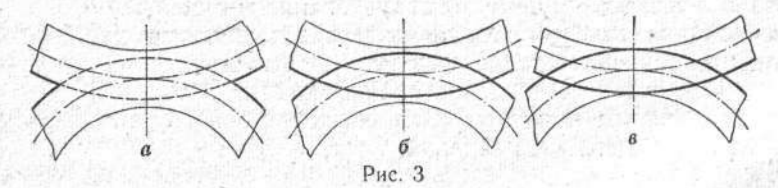


Рис. 3

§ 23. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

23.1. Общие положения

Сборочным называется чертеж, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

По сборочным чертежам можно представить взаимосвязь и способы соединения деталей. Предназначаются эти чертежи для серийного или массового производства. В единичном или мелкосерийном производстве рекомендуется пользоваться *чертежами общих видов*. По этим чертежам можно представить не только взаимосвязь и способы соединения деталей, но и конструкцию каждой детали в отдельности. Чертежами общих видов пользуются для подготовки производства, разработки технологической документации, оснастки, для контроля и приема сборочных изделий. В учебной практике разработку чертежей изделий рекомендуется доводить до требований, предъявляемых к чертежам общих видов.

По ГОСТ 2.109—73 сборочный чертеж должен содержать:

а) изображение изделия, дающее представление о расположении и взаимной связи его составных частей. Допускается помещать на чертеже схему соединения или расположения составных частей изделия;

б) размеры с предельными отклонениями и другие параметры и требования, выполняемые и контролируемые в процессе сборки;

в) указания о характере сопряжения разъемных частей изделия, если точность сопряжения обеспечивается не заданными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п. На чертеже могут быть приведены указания о способе соединения неразъемных частей (сварных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) основные характеристики изделия;

е) габаритные, установочные, присоединительные и необходимые справочные размеры.

Чертежи общего вида должны содержать изображение изделия с его видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей, принципа работы и состава изделия.

К сборочному чертежу или к чертежу общего вида прилагается спецификация, в которую заносят составные части, входящие в изделие, и разрабатываемые к нему конструкторские документы.

В учебной практике сборочный чертеж выполняют в два этапа: 1) выполнение эскизов деталей изделия; 2) выполнение по эскизам сборочного чертежа и составление спецификации.

В дальнейшем под понятием «сборочный чертеж» будем подразумевать и чертеж общего вида изделия.

23.2. Выполнение эскизов деталей изделия

Перед тем как приступить к выполнению эскизов, нужно:

а) выяснить назначение и принцип работы изделия, изучить его конструкцию, т. е. из каких деталей изделие состоит, их назначение, способы соединения деталей между собою и т. п.;

б) определить порядок сборки и разборки изделия. Последовательность сборки рекомендуется указать в виде схемы;

в) выяснить наличие в изделии деталей, не подлежащих эскизированию, например крепежных, стандартных и т. п.;

г) составить предварительную спецификацию с указанием разрабатываемых конструкторских документов, перечислением сборочных единиц и деталей, подлежащих и не подлежащих эскизированию, и т. п.;

д) проставить в спецификации обозначение сборочных единиц и деталей в соответствии с ГОСТ 2.201—68.

Изучив разрабатываемое изделие, переходят к эскизированию деталей в соответствии с правилами, изложенными в § 20. Отметим некоторые дополнительные требования, учитываемые при эскизировании:

1. Выбор главного вида детали на эскизе не следует связывать с ее расположением в изделии. За главный вид принимают изображение, наиболее полно отражающее форму и размеры детали и отвечающее основной технологической операции процесса ее изготовления.

2. Количество изображений и их разработка должны быть настолько полными, чтобы сборочный чертеж можно было выполнить по эскизам, без натуры.

3. На эскизах сопряженных деталей нужно выдержать одинаковые номинальные размеры, так как иначе изделие нельзя будет собрать.

4. Размеры должны быть даны с предельными отклонениями в виде числовых значений или условных обозначений посадок и классов точности, обеспечивающих требуемый характер соединения деталей. Желательно указывать на эскизах предельные отклонения формы и расположения поверхностей.

5. Нанесение знаков шероховатости поверхностей зависит от условий работы их в изделии и технологии изготовления деталей. Для сопряженных трущихся поверхностей, как правило, берется одна и та же степень шероховатости.

6. Оформление эскизов должно отвечать всем требованиям, предъявляемым к рабочим чертежам (см. § 20). Эскизы брошюруют в виде тетради, на обложке которой надписывают: «Эскизы деталей ... (наименование изделия) выполнил учащийся ... группы, техникума ...».

23.3. Последовательность выполнения сборочного чертежа

1. Проверяют правильность выполнения изображений, нанесения размеров, условных обозначений и т. п. на эскизах.

2. Выбирают необходимое и достаточное число изображений, с тем чтобы на сборочном чертеже была полностью раскрыта внешняя и внутренняя форма изделия.

3. В зависимости от сложности изделия и его габаритных размеров устанавливают масштаб чертежа и выбирают формат бумаги в соответствии с ГОСТ 2.301—68. Наносят рамку чертежа и выделяют место для основной надписи.

4. Намечают габаритные прямоугольники для размещения изображений и проводят оси симметрии.

5. Наносят контур основной детали изделия. Намечают необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения. Вычерчивание рекомендуется вести одновременно на всех принятых основных изображениях изделия.

6. Вычерчивают остальные детали, причем в той последовательности, в которой собирают изделие. Выполняют на сборочном чертеже разрезы, сечения, выносные элементы и т. п.

7. Проверяют выполненный чертеж, обводят линии видимого и невидимого контуров заштриховывают разрезы и сечения.

8. Проводят размерные и выносные линии и проставляют размерные числа.

9. Наносят нумерацию позиций деталей изделия.

10. Заполняют основную надпись, указывают технические требования или техническую характеристику изделия.

11. На листе отдельного формата выполняют спецификацию изделия.

В случае необходимости на чертеже указывают обозначения посадок в ответственных сопряжениях, требования к обработке деталей в процессе сборки изделия или после его сборки, характер сопряжения разъемных и неразъемных частей и методы обеспечения контроля этих сопряжений, изображение контуров пограничных деталей, подвижных частей в крайних или промежуточных положениях и др.

23.4. Выбор количества изображений на сборочном чертеже

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) зависит от сложности конструкции; оно должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об устройстве изделия. Учебные чертежи чаще всего выполняют в двух или трех основных изображениях, применяя простые и сложные, полные и местные разрезы.

Если деталь или изделие проецируется в форме симметричной фигуры, рекомендуется в одном изображении соединять половину вида с половиной соответствующего разреза. На сборочных чертежах широко используется правило о том, что винты, болты, шпильки, штифты, шпонки, шатуны, гайки и т. п. детали в продольном разрезе показывают нерассеченными (рис. 363, *а*). Такие элементы, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., рассекают, но показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (ГОСТ 2.305—68).

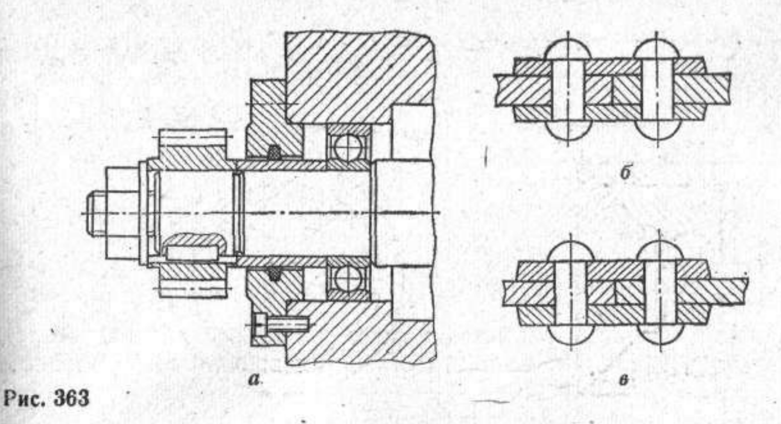


Рис. 363

Штриховку одной и той же детали в разрезах на разных изображениях выполняют в одну и ту же сторону, выдерживая одинаковое расстояние между линиями штриховки. Штриховку смежных деталей из одного материала разнообразят изменением направления, сдвигом штрихов или изменением расстояния между штрихами (рис. 363, *б*, *в*).

23.5. Размеры на сборочных чертежах

На сборочном чертеже изделия проставляют:

1. *Габаритные размеры,* характеризующие высоту, длину и ширину изделия или его наибольший диаметр. Если один из этих размеров переменный вследствие перемещения частей механизма, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных деталей.

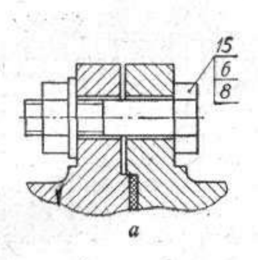
2. *Монтажные размеры,* указывающие на взаимосвязь деталей и их взаимное расположение в сборочной единице, например: расстояние между осями валов, расстояние от оси изделия до привалочной плоскости, монтажные зазоры и т. п.

3. *Установочные размеры,* определяющие величину элементов, по которым изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию, например: размеры центровых окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояния между отверстиями для крепления, между осями фундаментных болтов и т. п.

4. *Эксплуатационные размеры,* указывающие на расчетную и конструктивную характеристику изделия, например: диаметры проходных отверстий, размеры резьбы на присоединительных штуцерах, размеры «под ключ», число зубьев, модули и т. п.

В случае необходимости конструктор проставляет на чертеже изделия некоторые характерные конструктивные или расчетные размеры, чтобы сверить их с размерами, проставляемыми на чертежах деталей. Размеры отдельных деталей или их элементов на сборочном чертеже, как правило, не проставляют, так как на сборку идут готовые детали.

Размеры габаритные, установочные, присоединительные, характерные и размеры, характеризующие положения движущихся частей изделия, относятся к справочным и проставляются со звездочкой *.



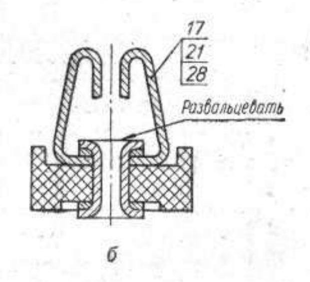


Рис. 364

На сборочном чертеже указывают размеры отверстий под болты, винты, штифты, заклепки, если эти отверстия выполняют в процессе сборки.

23.6. Номера позиций (ГОСТ 2.109—68)

Все составные части изделия на сборочном чертеже нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации сборочной единицы, т. е. вначале заполняют спецификацию, а потом номера позиций переносят на сборочный чертеж изделия. Номера позиций показывают на тех изображениях, где данная составная часть изделия проецируется как видимая, отдавая при этом предпочтение основным видам или размещенным на их месте разрезам.

Указывают номера позиций на полках линий-выносок, которые заходят на изображение детали и заканчиваются утолщением в форме точки. Располагают номера позиций параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют их в строчку или в колонку по возможности на одной линии.

Номера позиций проставляют на чертеже, как правило, лишь один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых частей изделия. Размер шрифта, которым выполняют номера позиций, должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого на чертеже для размерных чисел. Линии-выноски не должны пересекаться между собою и по возможности не должны быть параллельными линиям штриховки разрезов и сечений.

Допускается проводить общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей (болт, гайка, шайба), относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 364, *а*), и для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, если линию-выноску от каждой составной части провести невозможно. В этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части (рис. 364, *б*).

23.7. Спецификация (ГОСТ 2.108—68)

Спецификация — это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и необходимый для комплектования и изготовления конструкторских документов и для запуска изделия в производство.

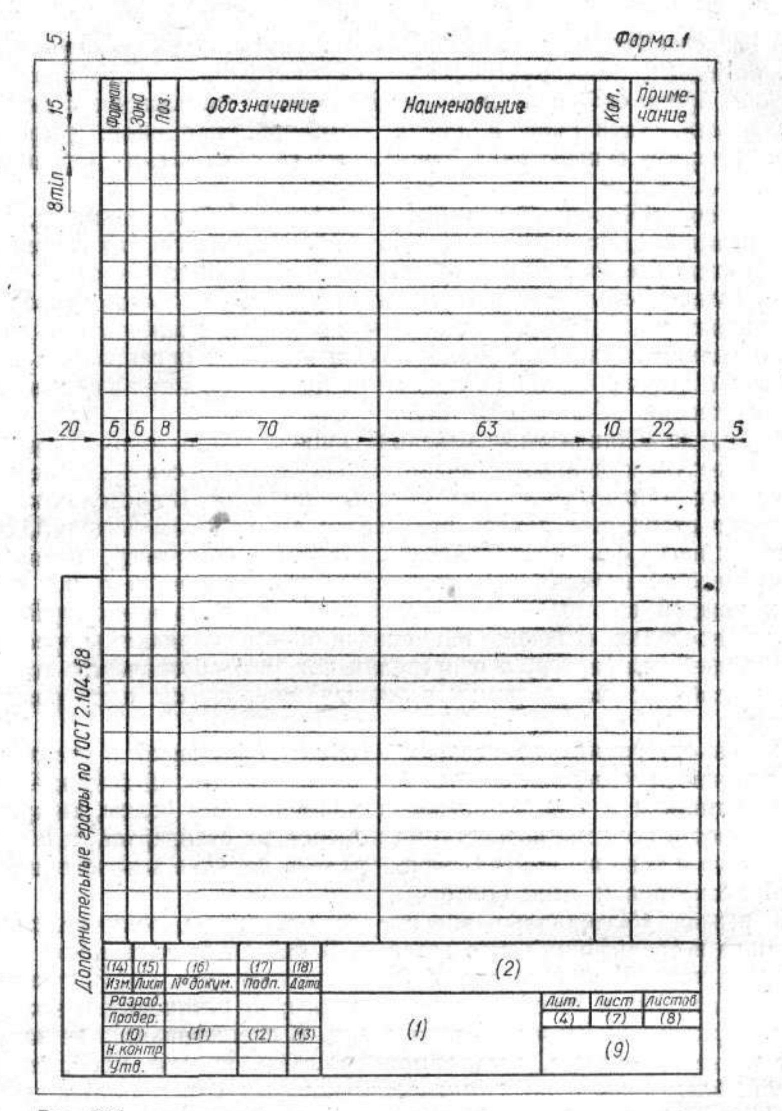


Рис. 365

Составляют спецификацию на каждую сборочную единицу на отдельных листах по формам 1 (рис. 365) и 1а. Если сборочный чертеж выполнен на листе формата 11, допускается совмещать спецификацию с чертежом.

В общем случае спецификация состоит из таких разделов: 1) документация; 2) комплексы; 3) сборочные единицы; 4) детали; 5) стандартные изделия; 6) прочие изделия; 7) материалы; 8) комплекты. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают. На учебных чертежах чаще всего встречаются разделы 1); 3); 4); 5); 6) и 7).

В раздел «Документация» вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов на специфицируемое изделие, кроме его спецификации. Документы записывают в последовательности, указанной в ГОСТ 2.102—68, например: сборочный чертеж, чертеж общего вида, монтажный чертеж, схема, пояснительная записка и т. д.

В раздел «Сборочные единицы» вносят сборочные единицы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. На них составляют самостоятельные сборочные чертежи со своей спецификацией.

В раздел «Детали» записывают нестандартные детали, непосредственно входящие в изделие. Запись производится в алфавитном порядке следования начальных знаков (букв) индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение (соответственно ГОСТ 2.201—68).

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, примененные по государственным стандартам (ГОСТам), республиканским и отраслевым стандартам и стандартам предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись производят по группам изделий, объединенных по их функциональному назначению (например, подшипники, крепежные изделия, электротехнические изделия и т. п.), в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования — в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта — в порядке возрастания основных параметров или размеров изделий.

Например, группу крепежных изделий записывают в спецификацию в такой последовательности: 1) болты; 2) винты; 3) гайки; 4) шайбы; 5) шпильки и т. д. В пределах наименования болты, например, записывают в порядке возрастания номеров их стандартов, а в пределах одного и того же номера стандарта — в порядке возрастания значений диаметров и длин болтов.

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Записывают их в такой последовательности: 1) черные металлы; 2) цветные металлы; 3) пластмассы; 4) бумажные и текстильные материалы; 5) резиновые и кожевенные материалы; 6) лаки и краски и т. д. В спецификацию не записывают такие материалы, как, например, лаки, краски, клей, смазки, припой, электроды и др., количество которых определяется не конструктором, а технологом. Указание о применении таких материалов дают в технических требованиях чертежа.

Рассмотрим, как заполняют графы спецификации (рис. 365):

1. В графе «Формат» указывают размер формата, на котором выполнен чертеж детали или иной конструкторский документ. Графу не заполняют для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы». Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают: «БЧ».

2. В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится номер позиции записываемой составной части изделия. Графу заполняют в том случае, если чертеж разделен на зоны.

3. В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей изделия в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют.

4. В графе «Обозначение» указывают обозначение конструкторского документа по ГОСТ 2.201—68. Не заполняют эту графу для разделов «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы». Более подробно о заполнении этой графы сказано на с. 389, 390.

5. В графе «Наименование» указывают:

а) для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия,— только их наименование, например: «Сборочный чертеж», «Схема», «Технические условия» и т. п.;

б) для сборочных единиц и деталей — их наименование в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают их наименование, материал, а также размеры, необходимые для их изготовления;

в) для стандартных изделий и материалов — их наименования и условные обозначения в соответствии со стандартами или техническими условиями.

6. В графе «Кол.» указывают количество составных частей, входящих в одно изделие, а для материалов — количество материала на одно изделие с указанием единицы измерения.

7. В графе «Примечание» указывают дополнительные сведения, относящиеся к изделиям, документам, материалам, внесенным в спецификацию.

После каждого раздела спецификации оставляют несколько свободных строк для дополнительных записей. Допускается резервировать номера позиций, проставляемые при заполнении резервных строк.

На рис. 368 (см. ниже) дан пример развернутой спецификации изделия.

23.8. Обозначение чертежей (ГОСТ 2.201—68)

Для всех отраслей машиностроения и приборостроения по ГОСТ 2.201—68 приняты обезличенная и предметно-обезличенная системы обозначений. Основой обезличенной системы является единый классификатор, в котором каждое изделие, деталь, сборочная единица закодированы определенным номером.

На рис. 366 показана общая структура обозначения чертежей. Первые четыре знака определяют индекс организации-разработчика. Этот индекс может состоять из букв или из букв и цифр. Последующие шесть знаков дают классификационную характеристику изделия, определяемую по классификатору. Первые два знака в этой характеристике (*1*) указывают класс изделия определенной отрасли техники по предметно-отраслевому принципу. Третий знак, обозначенный на рис. 366 цифрой *2*, означает подкласс, далее следует группа (*3*), подгруппа (*4*) и вид изделия (*5*).

Для обозначения подклассов принята следующая условность: цифрой «0» обозначают документацию, цифрой «1» — комплексы, «2—6» — сборочные единицы и комплекты, цифрами «7—9» — детали.

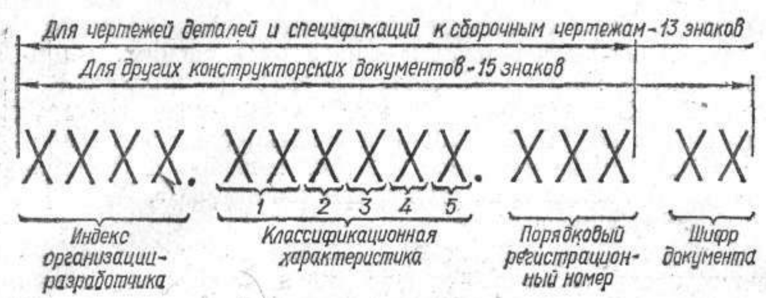


Рис. 366

Следовательно, классификационная шестизначная характеристика определяет предмет до его вида.

Обозначение каждого конкретного изделия, модели, типоразмера определяется тремя последними знаками, указывающими на регистрационный номер изделия. Этот номер проставляется предприятием-изготовителем.

Для указания конструкторских документов (кроме чертежей деталей и спецификаций к сборочным чертежам) дополнительно проставляют два знака, где указывают шифр документа, например: «СБ» — сборочный чертеж; «ВО» — чертеж общего вида; «ЭО» — электросхема общая; «ПЗ» — пояснительная записка и т. д.

Примеры обозначений: АБВГ. 743835. 926 СБ; АГБВ. 176275.349 и т. д.

Для учебных чертежей рекомендуется следующая система составления обозначения: 1) вместо индекса организации-разработчика указывают сокращенное обозначение техникума и букву «Ч», означающую «Черчение»; 2) в знаках, отведенных для классификационной характеристики изделия, указывают номер темы, вариант задания и номер графической работы по программе, утвержденной МВ и ССО СССР. Свободные знаки заполняют цифрами «0». Например, обозначение «КМТЧ. 220806. 000» означает: «Киевский механический техникум, черчение, тема 22 — зубчатые передачи, вариант 8-й, номер графической работы по программе 6-й». Номер темы может быть взят по данному учебнику или по программе курса черчения.

Для эскизов деталей к сборочным чертежам и для выполнения рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу в последних трех знаках дополнительно указывают номер листа чертежа, например: «КМТЧ. 231208. 003».

23.9. Пример выполнения сборочного чертежа вентиля

Запорный вентиль (рис. 367) рассчитан на давление 200 *кгс/см*^{2}. Вентиль предназначен для подачи эмульсии к гидравлическому прессу. Перекрывается вентиль ввинчиванием штока *6* с клапаном *4*, сидящим на конце штока, в резьбу на крышке *3*. Уплотнение штока достигается набивкой *14*, которая поджимается двумя грундбуксами *9* и нажимной гайкой *5*. Эмульсия подводится к вентилю по тройнику *1*, закрепленному на резьбе к фланцу *8*. Фланец соединяется с корпусом двумя шпильками *13* и двумя гайками *12*. Эмульсия вытекает через штуцер *7*, соединенный с корпусом при помощи фланца *8*.

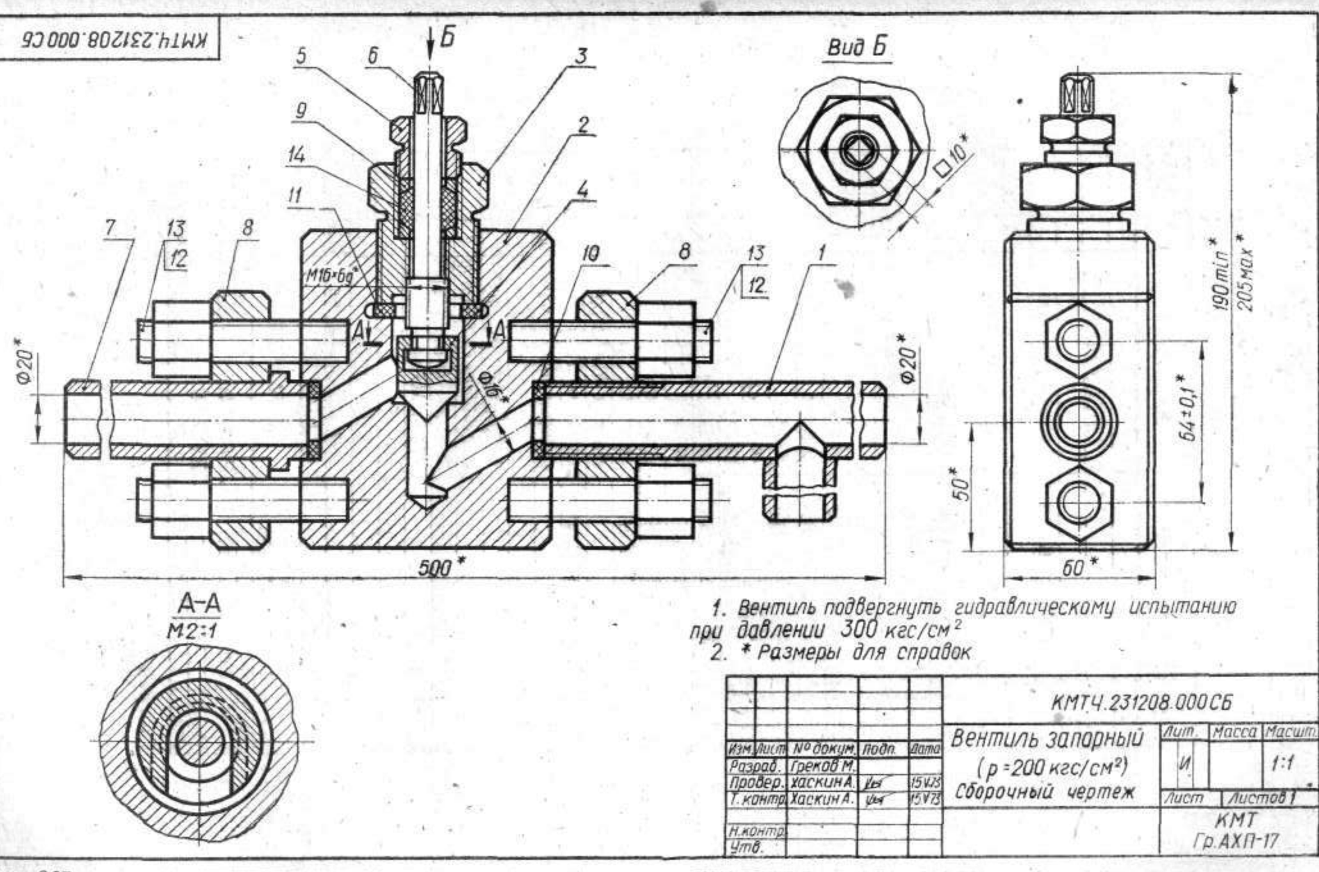

КМТЧ.231208.000СБ
Б
Вид Б
5
6
3
9
2
14
4
11
7
13
12
8
10
8
13
12
1
M16×6g*
А
А
Ф20*
Ф16*
Ф20*
□10*
190 min*
205 max*
64±0,1*
50*
60*
500*
А–А
М2:1
1. Вентиль подвергнуть гидравлическому испытанию при давлении 300 кгс/см²
2. * Размеры для справок
КМТЧ.231208.000СБ
Вентиль запорный
(р=200 кгс/см²)
Сборочный чертеж
Лит.
Масса
Масшт.
И
1:1
Лист
Листов 1
КМТ
Гр.АХП-17
Изм.
Лист
№ докум.
Подп.
Дата
Разраб.
Греков М.
Провер.
Хаскин А.
15V73
Т.контр.
Хаскин А.
15V73
Н.контр.
Утв.

Рис. 367

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
11			КМТЧ.231208.000СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
11		1	КМТЧ.231208.020	Тройник	1	
				Детали		
12		2	КМТЧ.231208.002	Корпус	1	
11		3	КМТЧ.231208.003	Крышка	1	
11		4	КМТЧ.231208.004	Клапан	1	
11		5	КМТЧ.231208.005	Гайка нажимная	1	
11		6	КМТЧ.231208.006	Шток	1	
11		7	КМТЧ.231208.007	Штуцер	1	
11		8	КМТЧ.231208.008	Фланец	2	
11		9	КМТЧ.231208.009	Грундбукса	2	
Б4		10	КМТЧ.231208.010	Прокладка 32/16×2	2	D/d×S
				Паронит ПОН ГОСТ481-71	0,02	кг
Б4		11	КМТЧ.231208.011	Прокладка 40/28×3	1	D/d×S
				Паронит ПОН ГОСТ481-71	0,025	кг
				Стандартные изделия		
		12		Гайка М12.5.016 ГОСТ 15525-70	4	
		13		Шпилька М16×60 $\frac{20}{38}$ 58.016 ГОСТ 11765-66	4	
				Материалы		
		14		Шнур асбестовый Ф5 ГОСТ 1779-55	0,04	кг

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КМТЧ.231208.000			
Разраб.		Греков М.			Вентиль запорный	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Хаскин А.	[подпись]	5.V.73		И		1
Н.контр.						КМТ Гр.АХП-17		
Утв.								

Рис. 368

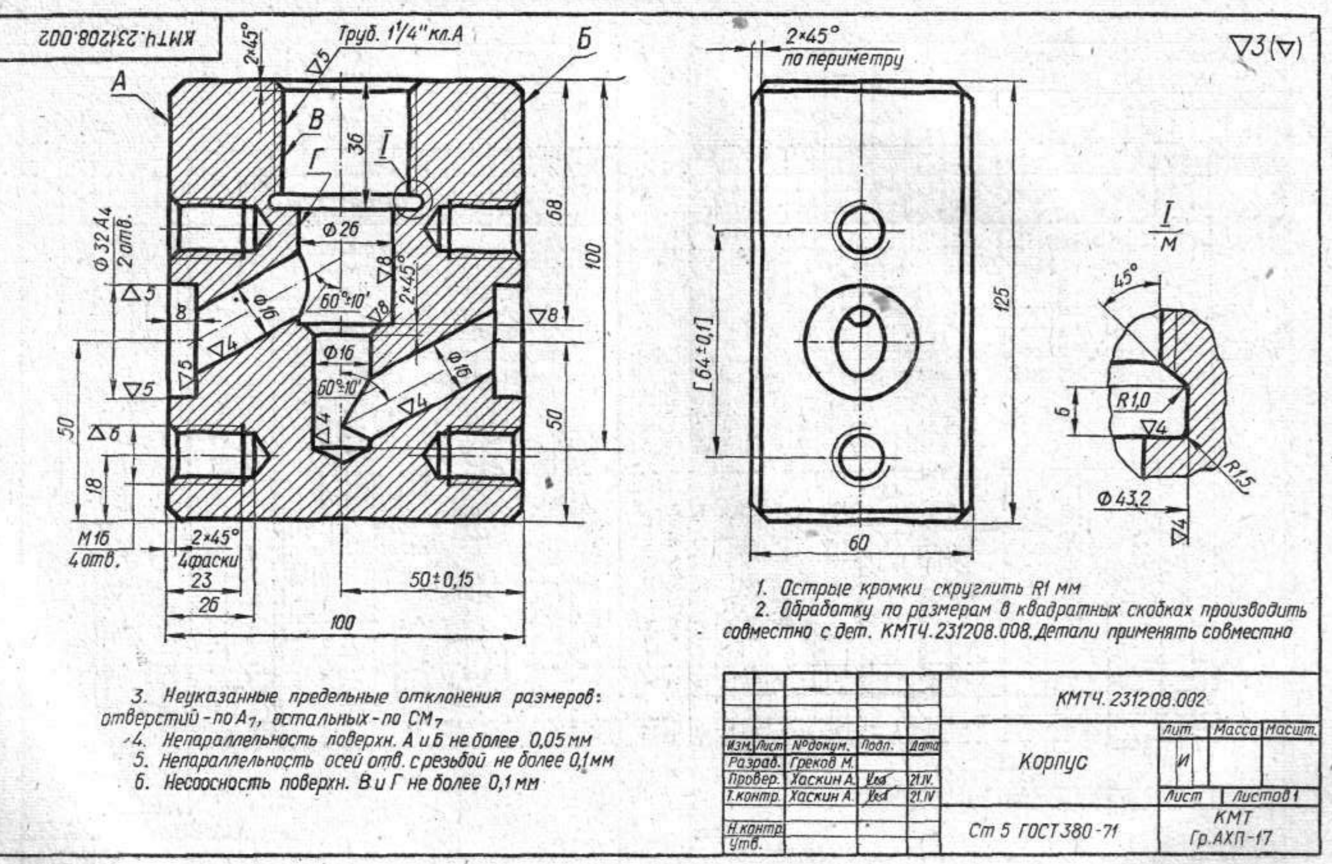

КМТЧ.231208.002
Труб. 1¼" кл.А
2×45°
▽5
А
Б
В
Г
36
I
Ф 26
Ф 32 А₄
2 отв.
△5
8
▽4
Ф16
60°±10′
▽8
2×45°
▽8
Ф16
60°±10′
▽4
▽5
▽5
68
100
50
△6
18
50
M16
4 отв.
2×45°
4 фаски
23
26
50±0,15
100
▽3(▽)
2×45°
по периметру
[64±0,1]
125
60
I
М
45°
R1,0
▽4
б
R1,5
Ф 43,2
▽4
1. Острые кромки скруглить R1 мм
2. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. КМТЧ.231208.008. Детали применять совместно
3. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий - по А₇, остальных - по СМ₇
4. Непараллельность поверхн. А и Б не более 0,05 мм
5. Непараллельность осей отв. с резьбой не более 0,1 мм
6. Несоосность поверхн. В и Г не более 0,1 мм
КМТЧ.231208.002
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Греков М.
Провер. Хаскин А. 21.IV
Т.контр. Хаскин А. 21.IV
Н.контр.
Утв.
Корпус
Лит. Масса Масшт.
И
Лист Листов 1
Ст 5 ГОСТ 380-71
КМТ
Гр.АХП-17

Рис. 369

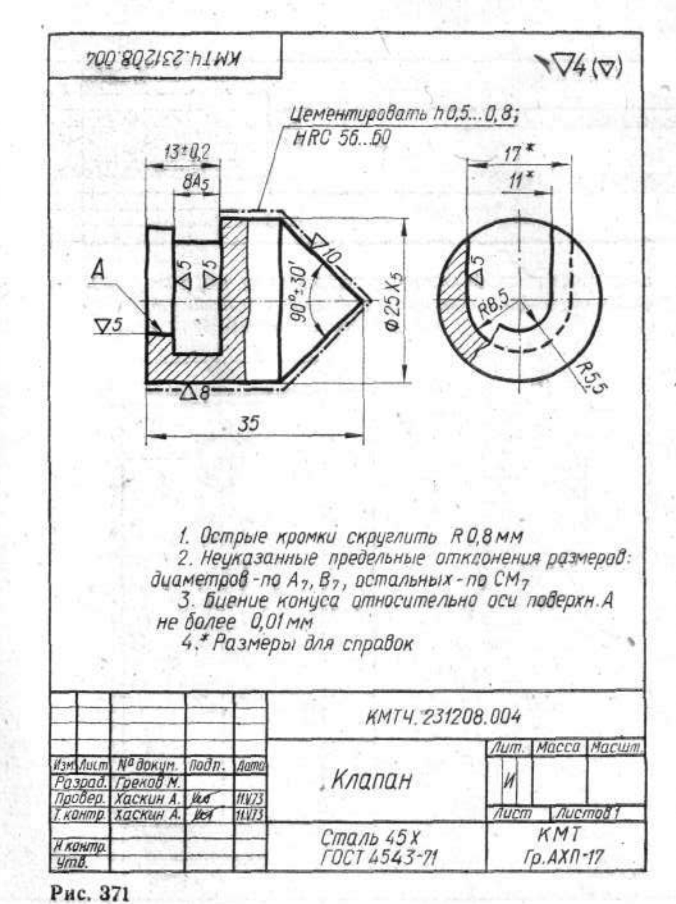
КМТЧ.231208.003

$\nabla 3\ (\nabla)$

1. Острые кромки скруглить R1мм
2. Неуказанные предельные отклонения размеров диаметров: -по A_7, B_7, остальных-по CM_7
3. Радиальное биение поверхн. А относительно оси отв. не более 0,01мм

					КМТЧ.231208.003			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Крышка	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.		Греков М.				И		
Провер.		Хаскин А.		5.V.73		Лист	Листов 1	
Т.контр.		Хаскин А.		5.V.73	Сталь 45 ГОСТ 1050-60	КМТ Гр.АХП-17		
Н.контр.								
Утв.								

Рис. 370



1. Острые кромки скруглить R 0,8 мм
2. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7
3. Биение конуса относительно оси поверхн. А не более 0,01 мм
4.* Размеры для справок

					КМТЧ.231208.004			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Клапан	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.		Греков М.				И		
Провер.		Хаскин А.		11.V.73		Лист	Листов 1	
Т.контр.		Хаскин А.		11.V.73	Сталь 45Х ГОСТ 4543-71	КМТ Гр.АХП-17		
Н.контр.								
Утв.								

Рис. 371

КМТЧ.231208.005

▽3 (▽)

Труб. 3/4" кл.А

1.Острые кромки скруглить R1мм
2.Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7
3. Радиальное биение поверхности Б относительно оси отв. не более 0,01мм

					КМТЧ.231208.005			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гайка нажимная	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.	Греков М.					И		
Провер.	Хаскин А.			5.V.73		Лист	Листов 1	
Т.контр.	Хаскин А.			5.V.73				
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-60	КМТ Гр. АХП-17		
Утв.								

Рис. 372

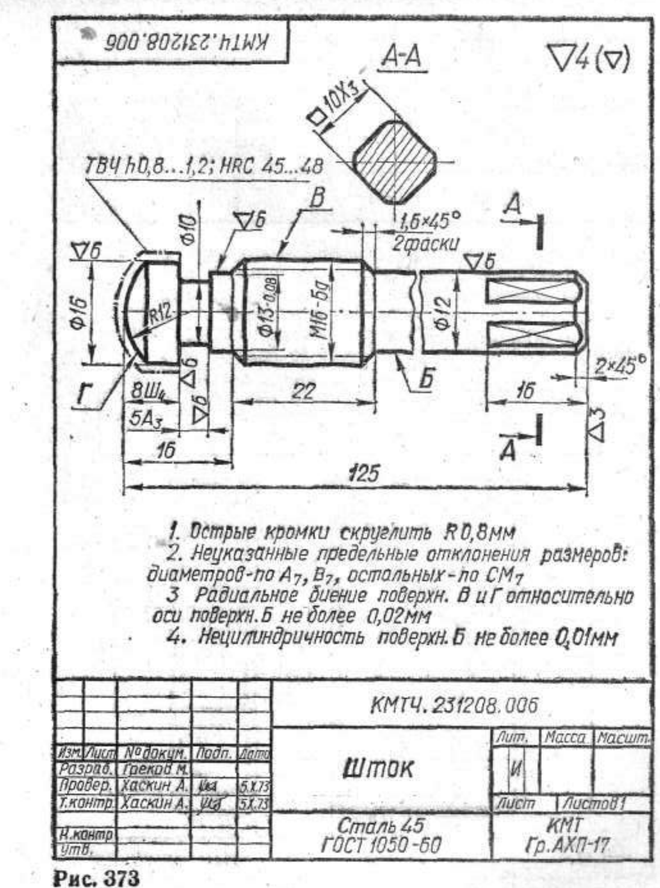


Рис. 373

КМТЧ.231208.007

∇3 (∇)

А

Б

∇5

∇4

Ф33-0,17 -0,50

Ф24

Ф20

Ф32-0,17 -0,50

Ф42

30°

7

8

100

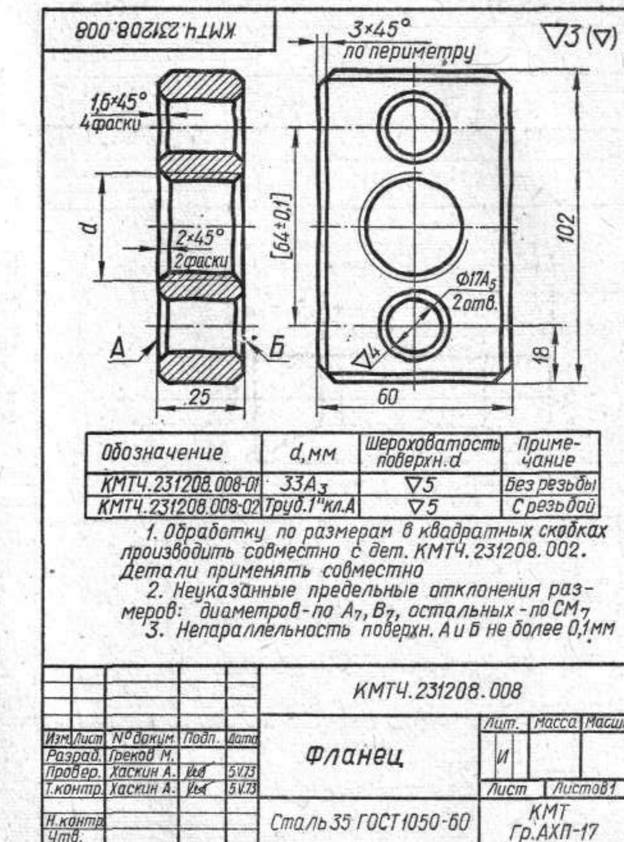
1. Острые кромки скруглить R 0,8мм

2. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7

3. Радиальное биение поверхн. А и Б относительно оси отв. не более 0,02 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КМТЧ.231208.007	
Разраб.		Греков М.			Штуцер	Лит. И; Масса; Масшт.
Провер.		Хаскин А.		5.V.73		
Т.контр.		Хаскин А.		5.V.73		Лист; Листов 1
Н.контр.					Ст 3 ГОСТ 380-71	КМТ Гр.АХП-17
Утв.						

Рис. 374



Обозначение	d, мм	Шероховатость поверхн. d	Примечание
КМТЧ.231208.008-01	$33A_3$	∇5	Без резьбы
КМТЧ.231208.008-02	Труб.1" кл.А	∇5	С резьбой

1. Обработку по размерам в квадратных скобках производить совместно с дет. КМТЧ.231208.002. Детали применять совместно

2. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7

3. Непараллельность поверхн. А и Б не более 0,1мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КМТЧ.231208.008	
Разраб.		Греков М.			Фланец	Лит. И; Масса; Масшт.
Провер.		Хаскин А.		5.V.73		
Т.контр.		Хаскин А.		5.V.73		Лист; Листов 1
Н.контр.					Сталь 35 ГОСТ 1050-60	КМТ Гр.АХП-17
Утв.						

Рис. 375

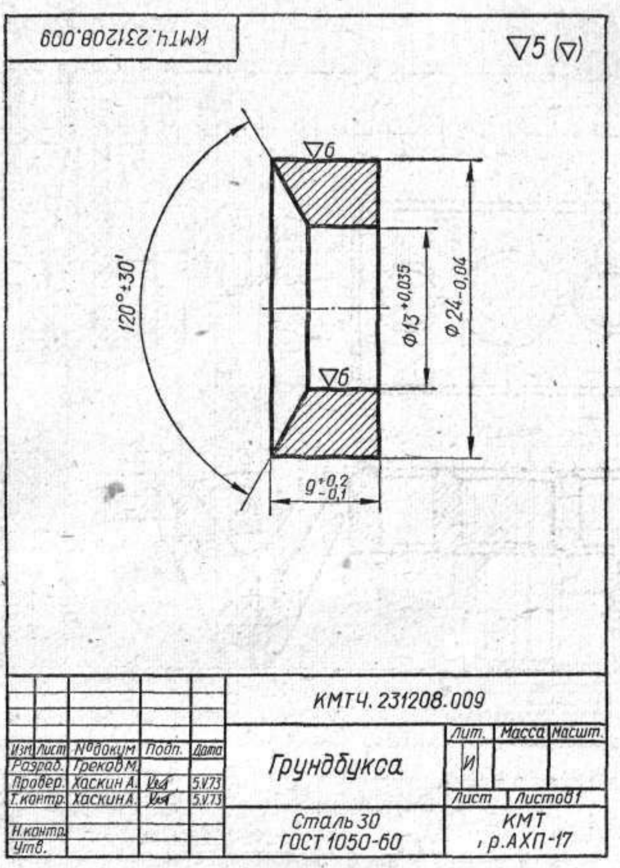


Рис. 376

Последовательность сборки вентиля: вначале собирают крышку *3*. Для этого в крышку ввинчивают шток *6*, вставляют в сальниковую камеру грундбуксу *9*, укладывают набивку *14*, вставляют вторую грундбуксу и все это поджимают гайкой *5*. На нижний цилиндрический конец штока крепят клапан *4*.

Собирая корпус, завинчивают в гнезда с резьбой четыре шпильки *13* и вставляют в пазы прокладки *10*, изготовленные из паронита. Завинчивают в корпус собранную крышку и с помощью гаек *12* крепят к корпусу фланцы с тройником и штуцером.

На рис. 369—376 изображены эскизы всех нестандартных деталей, на рис. 367— сборочный чертеж вентиля, а на рис. 368 — его спецификация.

23.10. Некоторые особенности выполнения сборочных чертежей

1. На сборочных чертежах указывают предельные отклонения размеров для таких сопряженных деталей, окончательную обработку и подгонку которых выполняют в процессе сборки. Запись может быть дана в виде условного обозначения (в числителе поле допуска отверстия, а в знаменателе — поле допуска вала — рис. 377, *а*) либо указанием числовых значений предельных отклонений. Можно указывать позиции деталей, к которым относятся эти отклонения (рис. 377, *б*).

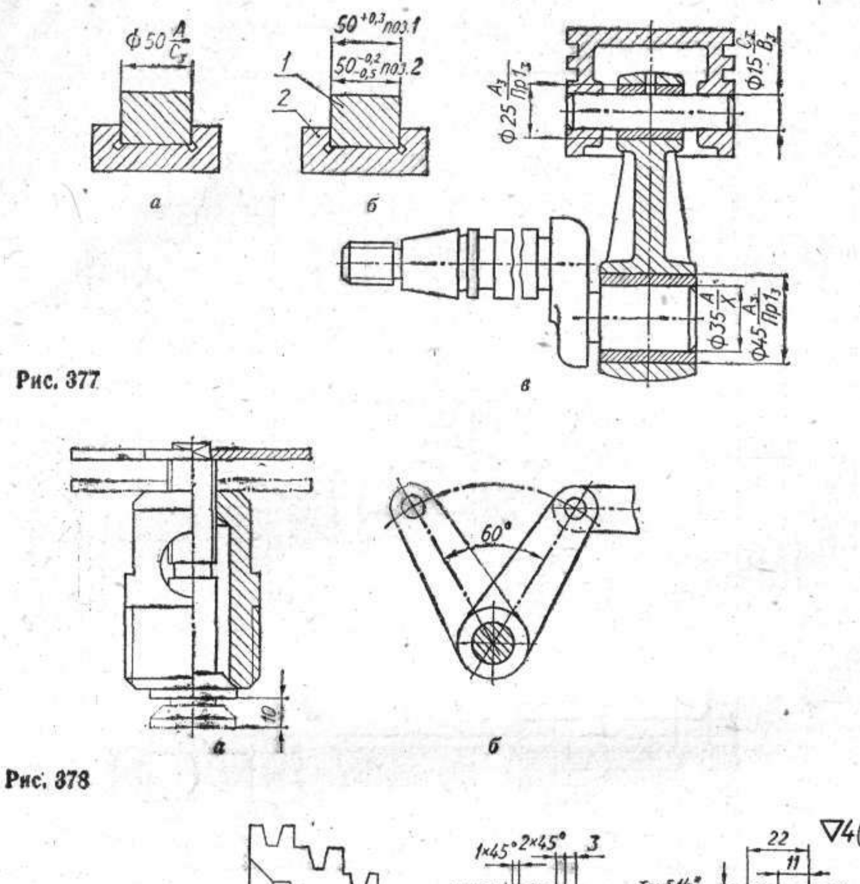


Рис. 377

Рис. 378

22
11
∇4(∇)
1×45°
2×45°
3
Труб.1/2"
Ф26
Ф18
38±0,3
10
Ф58
2×45°
45
63
85
4
3
M8-6H
2 отв.
а
б

Рис. 379

На рис. 377, *в* дан пример нанесения предельных отклонений для кривошипно-шатунного механизма. Примеры чтения записей: $\varnothing\ 25\ \frac{A_3}{Пр1_3}$ — сопряжение втулки с шатуном выполнено по первой прессовой посадке 3-го класса точности в системе отверстия; $\varnothing\ 35\ \frac{A}{X}$ — сопряжение кривошипа со втулкой выполнено по ходовой посадке 2-го класса точности в системе отверстия и т. д.

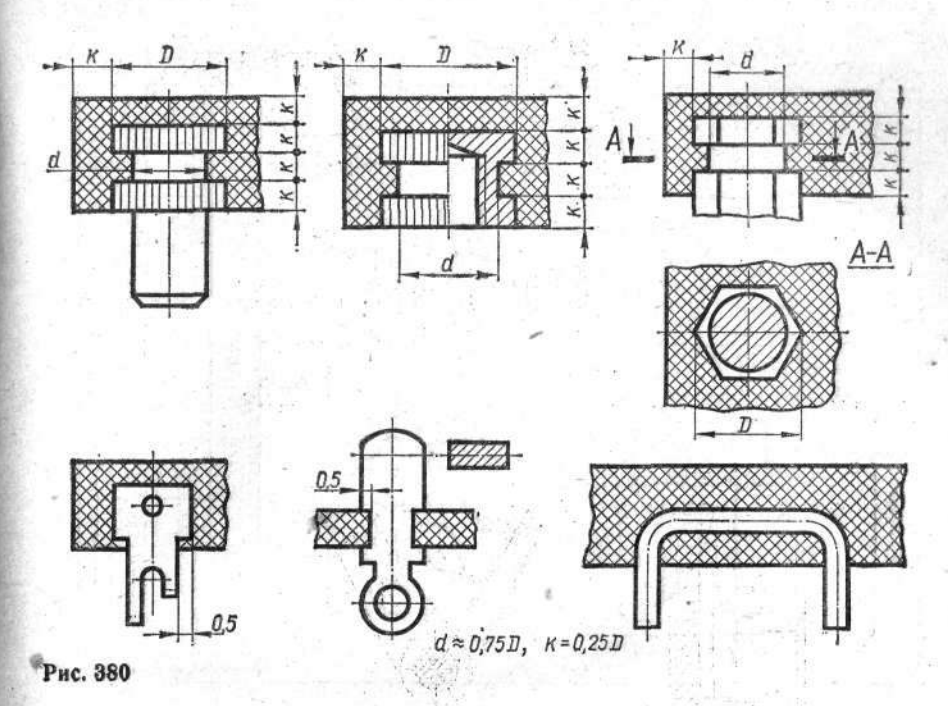


Рис. 380

2. Перемещающиеся части изделия на сборочных чертежах допускается изображать тонкой штрих-пунктирной линией в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами, характеризующими эти положения. На рис. 378, *а*, *б* в крайних положениях изображен клапан и планка кинематического механизма.

3. На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий, так называемую «обстановку», и указывать размеры, определяющие их взаимное расположение. Составные части изделия, расположенные за обстановкой, изображаются как видимые. Предметы «обстановки» выполняют упрощенно тонкой сплошной линией и приводят необходимые данные, определяющие место установки, крепления и т. п. Если необходимо, на полке линии-выноски указывают наименования предметов, составляющих «обстановку», например: «Автомат давления АТ 18—000»; «Патрубок маслоохладителя (обозначение)» и т. п.

На рис. 379, *а* показан контур детали, закрепленной в приспособлении, а на рис. 379, *б* пограничной деталью является крышка кронштейна доводочного станка.

4. В современной промышленности многие изделия изготовляют наплавкой на деталь металла или сплава, заливкой поверхности или элементов детали металлом, сплавом, пластмассой, резиной и т. д. (рис. 380).

На чертежах этих сборочных единиц указывают размеры поверхностей или элементов, идущих под наплавку или заливку, размеры готового изделия, данные о материале и др. В спецификации к чертежу

КМТЧ.230810.000СБ

1, 2, 63,2, R60, 1×45°, Ф20, Ф24, М12*, R10, Ф30, 20*, 15, R52, 90

1. Уклон формообразующих поверхностей 1:100
2. Радиусы скруглений острых кромок и углов 0,8 мм
3. Облой зачистить до ∇3
4. Трещины, отслоения, раковины и другие дефекты не допускаются
5. *Размеры для справок

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
11			КМТЧ. 230810.000СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
11		1	КМТЧ.230810. 001	Стержень Ī 90×20/1 МН4-64	1	
				Материалы		
Б4		2		Пластмасса-Волокнит ВП-1 ГОСТ 5689-66	0,07	Цвет черный кг

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КМТЧ. 230810.000СБ
Разраб.	Утвенко Л.				Ручка Ī 90×20 МН4-64 Сборочный чертеж
Провер.	Хаскин А.			5.III.73	Лит. И; Масса; Масштаб 1:1
Н.контр.	Хаскин А.			5.III.73	Лист 1; Листов 2
Т.контр.					КМТ Гр.АХП-17
Утв.					

Рис. 381

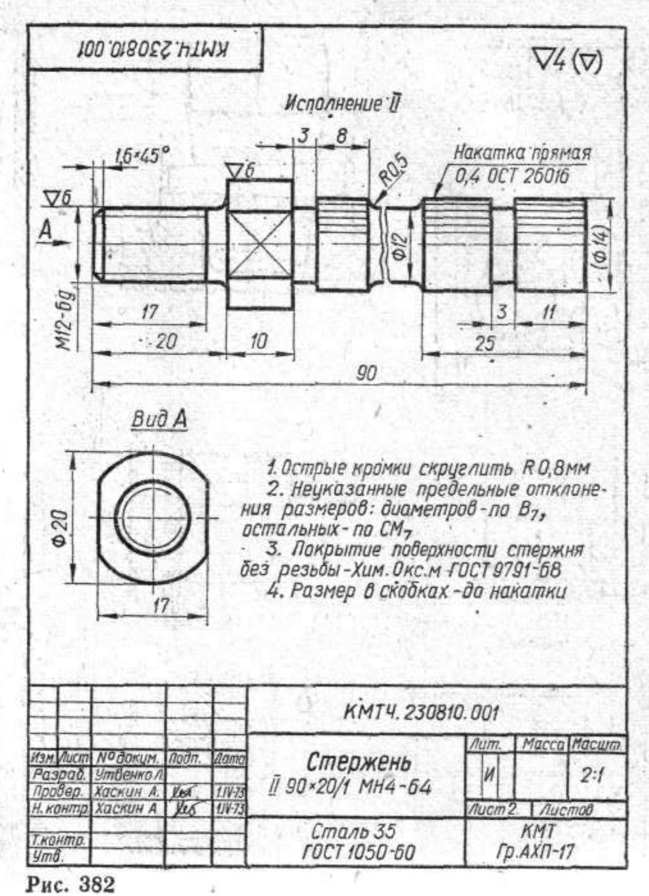


Рис. 382

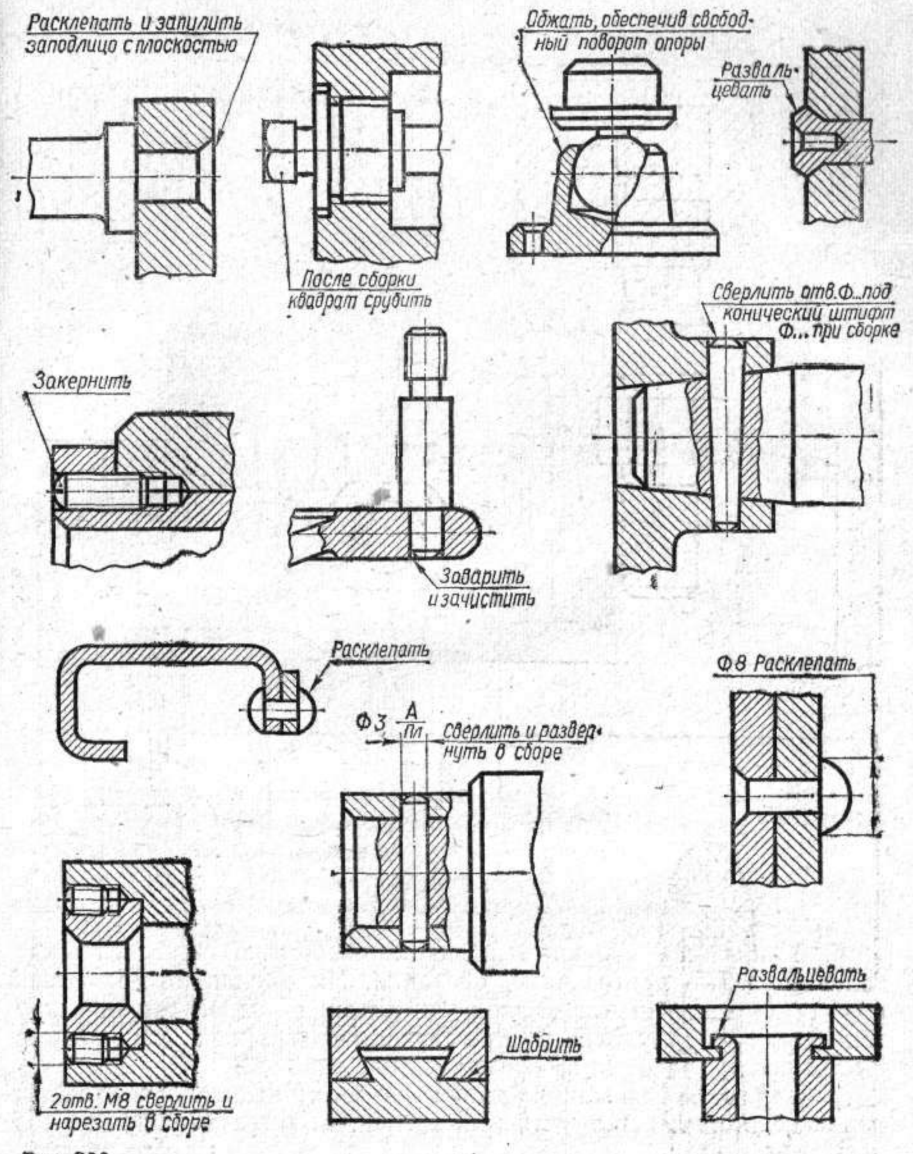


Рис. 383

металл, сплав, пластмассу, резину записывают как материал с указанием в графе «Кол.» их массы. На рис. 381 дан пример оформления чертежа армированного изделия — ручки, а на рис. 382 выполнен рабочий чертеж стержня этой ручки.

5. На сборочных чертежах индивидуального производства можно показывать данные о подготовке кромок под сварку, пайку либо на самом изображении, либо в виде выносного элемента.

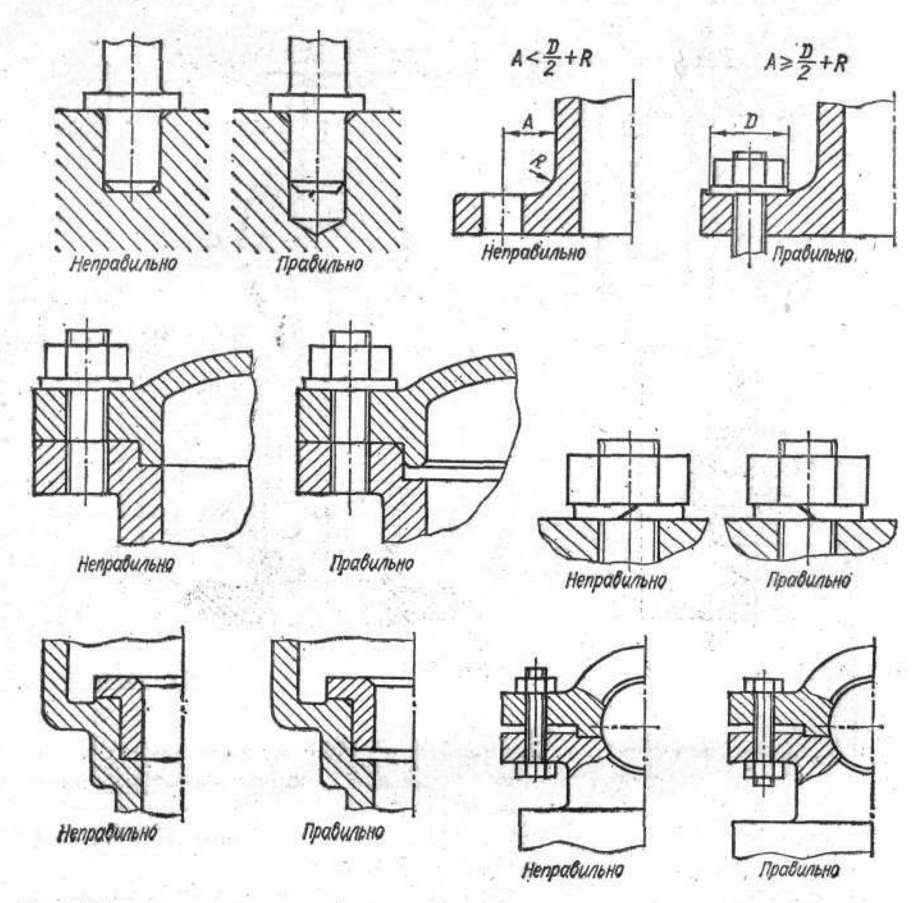


Рис. 384

6. В процессе сборки выполняют некоторые технологические, так называемые пригоночные, операции. Их выполняют совместной обработкой соединяемых деталей или подгонкой одной детали к другой по месту ее установки. В этих случаях на чертежах делают текстовые надписи, подобные изображенным на рис. 383.

7. На рис. 384 даны примеры правильного и неправильного выполнения некоторых конструктивных элементов, встречающихся на сборочных чертежах.

23.11. Условности и упрощения на сборочных чертежах (ГОСТ 2.109—68)

1. Допускается не показывать на сборочных чертежах:

а) фаски, скругления, проточки, выступы, углубления, накатки, уклоны и другие мелкие элементы;

б) зазоры между резьбовым стержнем и отверстием;

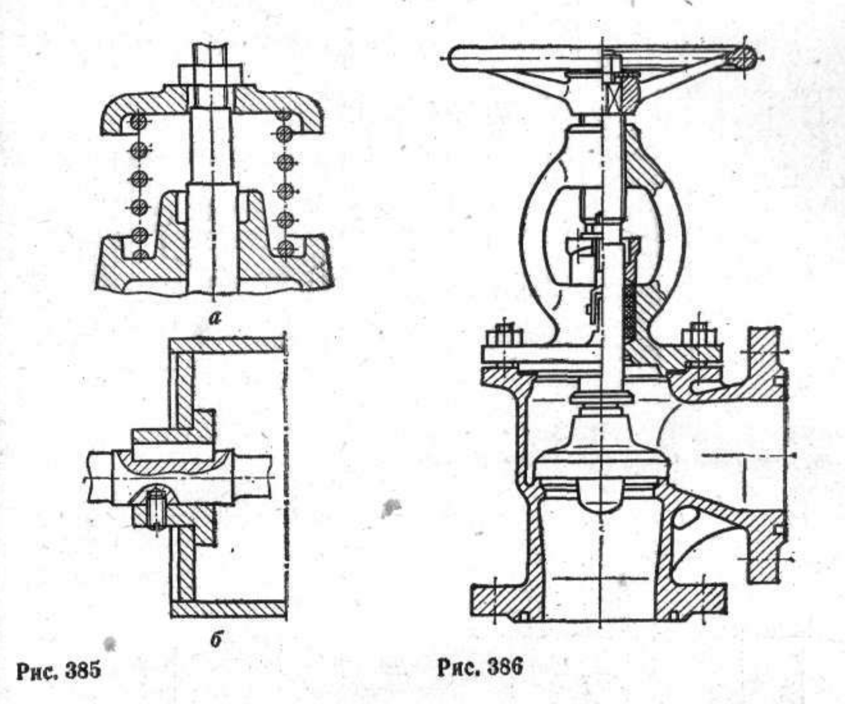


Рис. 385

Рис. 386

в) крышки, перегородки, щитки и т. п., если нужно показать закрытые ими части изделия. В этом случае над изображением помещают надпись типа «Крышка поз. 5 не показана»;

г) видимые части изделия, расположенные за сетками или частично закрытые впереди расположенными деталями;

д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и т. п., изображая только контур планки, таблички и т. п.

2. Изделия из прозрачных материалов на сборочных чертежах изображают как непрозрачные; допускается показывать как видимые элементы, расположенные за прозрачными предметами, например: стрелки приборов, шкалы, внутреннее устройство ламп и др.

3. Части изделия, лежащие за винтовой пружиной, изображают лишь до зоны, ограниченной осевыми линиями сечений витков (рис. 385, *а*).

4. Составные части изделия, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи, на сборочном чертеже допускается изображать без разреза (например, изображение клапана на рис. 386).

5. Если изделие включает несколько одинаковых составных частей, например колес, катков и т. п., допускается выполнять полное изображение лишь одной части, а остальные изображать упрощенно в виде внешних очертаний.

6. Сварные, паяные, клееные изделия в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях заштриховывают как одно монолитное тело (рис. 385, *б*).

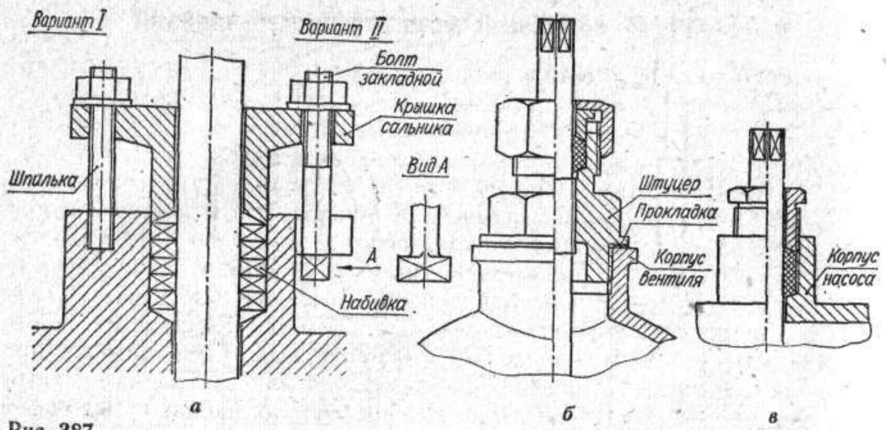


Рис. 387

Рис. 388

23.12. Изображение типовых составных частей изделий

Сальниковые соединения создают герметичность при уплотнении отверстий, через которые проходят движущиеся части механизмов — валы, штоки, тяги и т. п. Сальниковое уплотнение состоит из крышки сальника или втулки, набивки и крепежных деталей (рис. 387).

В качестве набивки употребляют асбестовый шнур, графитовую набивку в виде шнура, металлическую набивку с пружинами особой конструкции и др. Набивку закладывают в кольцевое пространство сальниковой камеры и прижимают крышкой сальника. Набивка плотно прилегает к цилиндрической поверхности вала или штока. Чтобы набивка не продавливалась через зазор между крышкой и валом, закладывают специальное кольцо — грундбуксу. Для затягивания крышки сальника употребляют шпильки или закладные болты (рис. 387, *а*) и откидные болты. На рис. 387, *б* набивка сжимается втулкой сальника при помощи накидной гайки, а на рис. 387, *в* — при помощи гайки-втулки.

Изображая сальниковое устройство, применяют некоторые условности: а) сальниковую крышку или втулку изображают невставленной в сальниковую камеру; б) в разрезах набивку или не показывают, или заштриховывают как неметаллические материалы; в) поверхности, прижимающие набивку, должны иметь коническую форму, чтобы обеспечить прижатие набивки к поверхности вала; г) между цилиндрическими поверхностями штока и сальниковой камеры оставляют зазор.

Крепления клапанов. На рис. 388 изображены различные случаи крепления клапана к штоку. Во всех случаях обеспечивается свободное вращение штока, т. е. крепление не должно быть жестким (должен быть небольшой люфт). Это создает надежное прилегание клапана к гнезду. На рис. 388, *а* клапан обжат по головке штока, на рис. 388, *б* крепление выполнено при помощи нажимной гайки, а на рис. 388, *в* клапан крепится к штоку проволочной скобой.

Подшипниками называют опоры валов и осей. Их разделяют на подшипники скольжения и качения. При изображении на чертеже подшипников скольжения следует обратить внимание на крепление вкладышей в корпусе подшипника и способ подачи масла к трущимся поверхностям. Подшипники качения (рис. 389, *а*) состоят из двух закаленных колец — наружного и внутреннего, сепаратора и тел качения (шариков или роликов). Размеры подшипников стандартизованы. На рис. 389, *б*, *в* показано изображение роликового подшипника, рекомендуемое для учебных чертежей, а на рис. 389, *г* — упрощенное изображение подшипника качения на сборочных чертежах без указания типа по ГОСТ 2.420—69.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие чертежи называют сборочными?
2. Назовите требования, предъявляемые к сборочным чертежам.
3. В какой последовательности выполняют с натуры сборочный чертеж?
4. Какие размеры проставляют на сборочном чертеже?
5. Как заполняют спецификацию к сборочному чертежу?

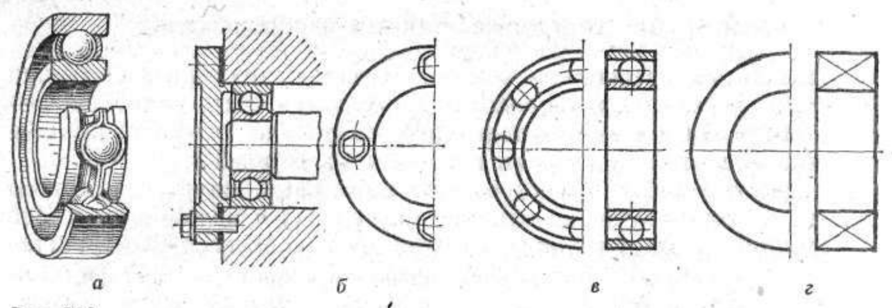


Рис. 389

6. Укажите основные требования, предъявляемые к нанесению номеров позиций деталей на сборочном чертеже?
7. Как условно обозначают на сборочном чертеже посадки и предельные отклонения сопряженных деталей?
8. Как изображают на чертеже движущиеся детали? контуры пограничных деталей?
9. Какие условности и упрощения применяют на сборочных чертежах?

§ 24. ЧТЕНИЕ И ДЕТАЛИРОВАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

24.1. Последовательность чтения сборочных чертежей

Деталированием называют процесс выполнения рабочих чертежей деталей по сборочному чертежу.

Деталирование — заключительная работа учащихся по курсу технического черчения, требующая умения читать сборочные чертежи, знания всех условностей, принятых в машиностроительном черчении, умения выполнять и оформлять рабочие чертежи деталей в соответствии с требованиями ЕСКД.

Можно наметить такую последовательность чтения сборочных чертежей:

1. Знакомятся с основной надписью и по ней определяют наименование и примерное назначение изделия, масштаб изображения, общую массу изделия. По конструкторским документам, прилагаемым к сборочному чертежу, изучают принцип работы изделия, его техническую характеристику, требования к его изготовлению и пр.

2. Изучают спецификацию и по ней определяют количество и наименование оригинальных, стандартизованных и покупных деталей, входящих в изделие (например: крепежных деталей, шарикоподшипников, масленок и т. п.).

3. Знакомятся с изображением изделия в целом, т. е. выясняют, какие виды, разрезы, сечения и выносные элементы даны на чертеже и назначение каждого из них. Определяют положения секущих плоскостей, при помощи которых выполнены разрезы и сечения, и направления, по которым даны местные и дополнительные виды.

4. Изучают нанесенные на чертеже размеры (габаритные, монтажные, установочные, характерные и др.).

5. Устанавливают характер взаимодействия составных частей изделия в процессе работы и внешнюю взаимосвязь его с другими

изделиями или рабочим органом (двигателем, приводом). В первую очередь обращают внимание на подвижные части изделия и посадки их сопряженных поверхностей.

6. Последовательно выделяют и изучают каждую деталь в отдельности. Вначале рекомендуется найти деталь на том изображении, на котором нанесен номер ее позиции, а затем определить ее на остальных изображениях. Одновременно рассматривая деталь на различных изображениях, представляют себе ее форму и внутреннее устройство, так как на сборочном чертеже, как правило, одна деталь перекрывает другую. При изучении детали обращают внимание на направление и густоту штриховки, которые должны быть одинаковыми на всех изображениях.

7. Намечают и фиксируют на бумаге в виде схемы или в форме записи последовательность разборки и сборки изделия, т. е. порядок отделения одной детали от другой, как это выполняют при демонтажных работах.

24.2. Последовательность деталирования сборочных чертежей

Деталирование — это не простое копирование изображения детали из сборочного чертежа, а определенная творческая работа. На рабочем чертеже нужно иметь не только изображение детали, но и все данные для ее изготовления и контроля, т. е. размеры, допуски, обозначения шероховатости поверхностей, марку материала, покрытие, термическую обработку и т. п.

Процесс деталирования состоит из подготовительной стадии и стадии непосредственного выполнения рабочего чертежа. Рассмотрим более подробно содержание процесса деталирования:

1. По спецификации изучают и отмечают все оригинальные детали, подлежащие исполнению в виде рабочих чертежей. Стандартизованные и покупные детали из деталирования исключают.

2. Намеченную деталь находят на всех изображениях сборочного чертежа, изучают ее внешнюю и внутреннюю форму и определяют габаритные размеры.

3. В соответствии с ГОСТ 2.305—68 выбирают главное изображение детали. Главным изображением может быть вид, разрез или сочетание вида с разрезом для симметричных деталей. Положение главного изображения детали на рабочем чертеже может и не соответствовать ее расположению на главном изображении сборочного чертежа. При выборе главного изображения рекомендуется придерживаться требований, указанных в § 20.

4. Намечают необходимое количество изображений детали (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), исходя из того, что оно должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о форме и размерах детали. Количество и характер изображений детали на рабочем чертеже может соответствовать или не соответствовать количеству изображений на сборочном чертеже.

5. Выбирают масштаб изображения в соответствии с ГОСТ 2.302—68. Не обязательно придерживаться одного и того же масштаба

для всех рабочих чертежей деталей данного изделия. Детали малого размера или сложной формы рекомендуется вычерчивать в увеличенном масштабе.

6. В соответствии с ГОСТ 2.301—68 выбирают формат, нужный для выполнения рабочего чертежа. В случае необходимости используют не только основные, но и дополнительные форматы.

7. Производят компоновку чертежа, т. е. намечают размещение всех изображений детали на принятом формате.

8. В тонких линиях вычерчивают виды, разрезы, сечения и выносные элементы, придерживаясь требований ГОСТ 2.305—68.

9. Проводят выносные и размерные линии.

10. Используя специально построенный график масштабов (см. рис. 390), определяют истинные размеры элементов детали и проставляют их на рабочем чертеже. Особое внимание обращают на то, чтобы номинальные размеры сопряженных деталей не имели расхождений. Размеры конструктивных элементов (фасок, центровых отверстий, проточек, уклонов и пр.) определяют не по сборочному чертежу, а по соответствующим стандартам на эти элементы.

11. Наносят обозначения классов чистоты поверхностей исходя из технологии изготовления детали или ее назначения.

12. Обводят чертеж и выполняют штриховку разрезов и сечений.

13. Проверяют чертеж, если необходимо, вносят исправления, вычерчивают рамку, заполняют основную надпись, записывают технические требования и пр.

24.3. Некоторые требования к деталированию сборочных чертежей

1. При типографском способе изготовления сборочных чертежей для учебников и учебных пособий чертежи уменьшают, не придерживаясь стандартных масштабов. Поэтому, чтобы снять размеры детали со сборочного чертежа и перенести их на рабочий, пользуются специальным графиком пропорционального масштаба. Рассмотрим построение такого графика на примере ступенчатого вала (рис. 390).

На миллиметровой бумаге от точки A по горизонтали откладывают истинную длину валика, т. е. 120 *мм*, и из полученной точки B по вертикали откладывают измеренную циркулем длину валика на чертеже. Соединяя точки A и C, получают график углового пропорционального масштаба для данного чертежа.

Теперь, чтобы измерить по графику, например, диаметр d валика, между линиями AB и AC размещают вертикальный отрезок, равный значению d. Отвечающий ему на горизонтальной шкале размер 65 *мм* и является истинным значением диаметра d в масштабе 1 : 1. Этим же графиком пользуются для определения размеров всех деталей данной сборочной единицы.

2. Некоторые технологические операции, такие как, например, расклепывание, развальцовывание, обжатие, запрессовывание, сверление и скрепление деталей болтами, винтами, шпильками и т. д., выполняют во время сборки изделия. В технических требованиях

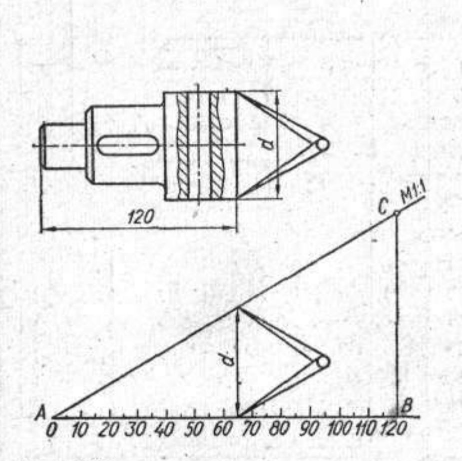


Рис. 390

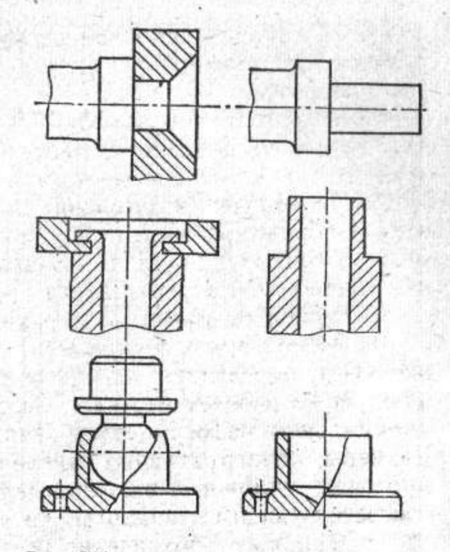


Рис. 391

к сборочному чертежу эти операции обусловливаются. При выполнении рабочих чертежей по сборочному детали следует показывать в том виде, в каком они поступают на сборку, т. е. до выполнения указанных технологических операций (рис. 391).

3. На рабочем чертеже детали должны быть показаны те элементы, которые либо не изображены на сборочном чертеже изделия, либо изображены упрощенно, условно или схематично. Объясняется это тем, что ГОСТ 2.305—68 рекомендует не изображать на сборочном чертеже некоторые мелкие конструктивные элементы, если это не влияет на чтение чертежа и проведение сборочных операций. К таким элементам относят:

а) литейные и штамповочные скругления, уклоны и конусности;

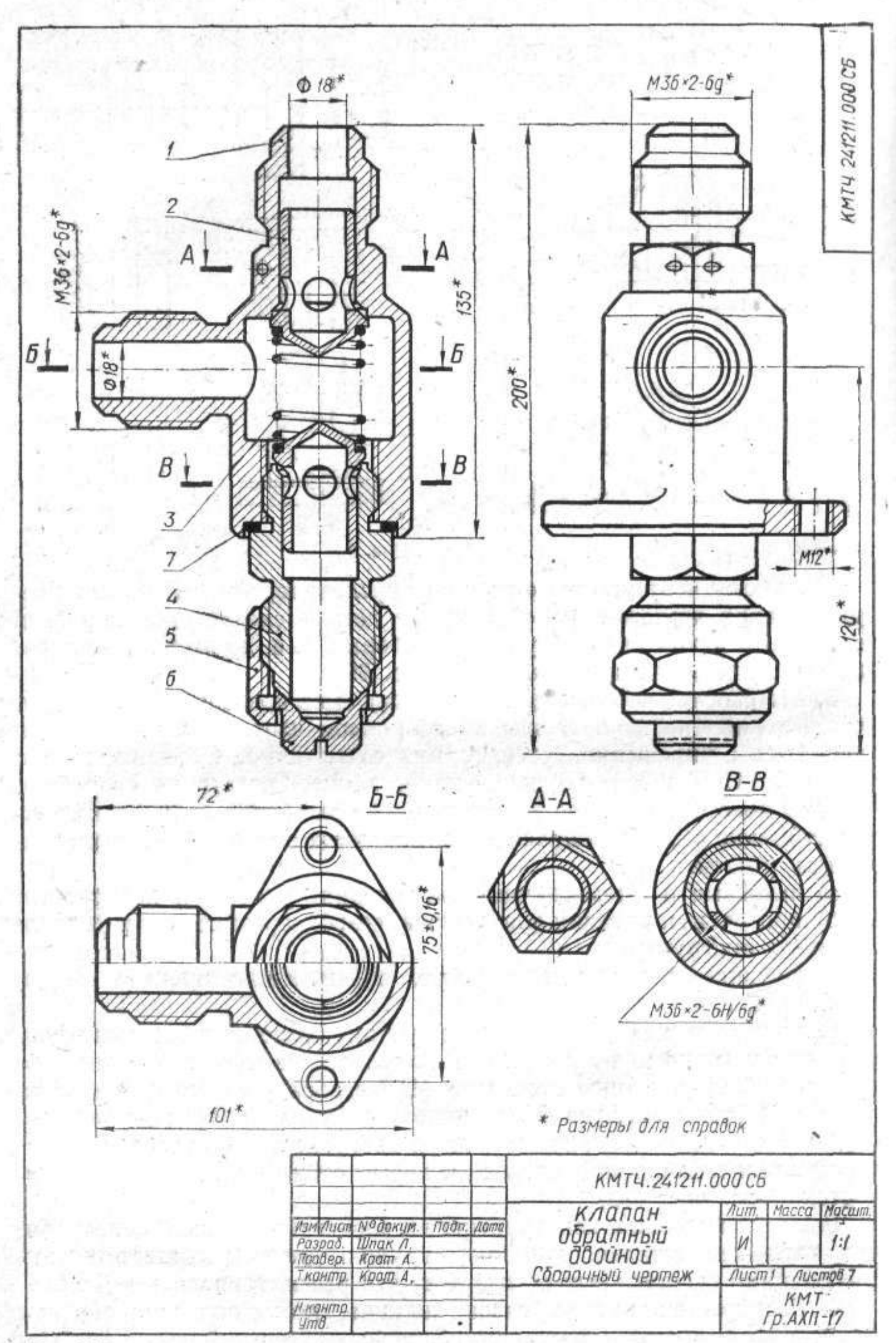
б) проточки и канавки для выхода резьбонарезающего и шлифовального инструмента;

в) внешние и внутренние фаски, облегчающие процесс сборки изделия, и т. п.

Пружины и некоторые другие детали на сборочных чертежах изображают условно или схематично. Например, на сборочном чертеже (см. рис. 392) резьбовое отверстие М12 изображено без фаски, а на рабочем чертеже корпуса фаска показана (см. рис. 394); на рабочем чертеже пружины (см. рис. 396) даны диаграмма механической характеристики и таблица параметров, которые отсутствуют на сборочном чертеже (см. рис. 392).

Размеры подобных конструктивных элементов и исполнение рабочих чертежей деталей, например пружин, должны соответствовать требованиям специальных стандартов, что рассматривалось в § 20.

4. Размеры шпоночных пазов, шлицев, гнезд под установочные и крепежные винты и шпильки, центровых отверстий и др., должны быть также взяты из соответствующих стандартов на эти элементы.



КМТЧ 241211.000 СБ
Ф 18*
М36×2-6g*
1
2
3
7
4
5
6
А
А
Б
Б
В
В
Ф18*
135*
200*
120*
М12*
72*
Б-Б
А-А
В-В
75±0,16*
101*
М36×2-6Н/6g*
* Размеры для справок
КМТЧ.241211.000 СБ
Клапан обратный двойной
Сборочный чертеж
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Шпак Л.
Провер. Крат А.
Т.контр. Крат А.
Н.контр.
Утв.
Лит. Масса Масшт.
И
1:1
Лист 1 Листов 7
КМТ Гр.АХП-17

Рис. 392

Все линейные размеры, проставляемые на рабочем чертеже, должны быть согласованы с ГОСТ 6636—69 («Нормальные линейные размеры»), а угловые — с ГОСТ 8908—58 («Нормальные углы»).

5. Некоторые элементы деталей на рабочем чертеже изображают несколько иначе, чем на сборочном. Например, гнезда для шпилек и винтов на сборочных чертежах изображают упрощенно, без указания недореза и запаса сверления. На рабочем чертеже гнездо должно соответствовать требованиям ГОСТ 10549—63. На сборочном чертеже принято не указывать зазор между резьбовым отверстием и стержнем крепежной детали (болтом, винтом, шпилькой), а на рабочем чертеже величина диаметра этого отверстия дается с учетом характера сборки (грубая или точная).

6. Чтобы оценить и проставить на чертеже шероховатость поверхностей, нужно выявить, сопряженной или свободной является данная поверхность, каков характер эксплуатационных требований к ней, требований технической эстетики и др. Практика выработала некоторые границы пределов классов чистоты для типовых деталей: а) рабочие поверхности зубьев зубчатых колес имеют шероховатость, отвечающую $\nabla 5$ — $\nabla 8$ классам чистоты; б) привалочные поверхности корпусных деталей, пазы, канавки и проточки — $\nabla 3$ — $\nabla 7$; в) рабочие поверхности поршневых цилиндров — $\nabla 9$ — $\nabla 10$; г) отверстия под болты, винты, штифты — $\nabla 4$ — $\nabla 7$ и т. д.

24.4. Последовательность чтения и деталирования сборочного чертежа изделия

1. Из основной надписи видно, что на чертеже (рис. 392) изображен двойной обратный клапан. Принцип работы клапана: жидкость под давлением поступает в верхний наконечник корпуса *1*, сжимает пружину *3*, проходит через зазор, образованный между клапаном *2* и корпусом *1* и поступает через отводной штуцер в гидравлическую систему.

Если нужно подвести в систему еще и другую жидкость, откручивают накидную гайку *5* и подключают клапан ко второму трубопроводу. В этом случае к потребителю поступает смесь жидкостей.

2. Из спецификации (рис. 393) и чертежей деталей (рис. 394—399) видно, что клапан состоит из семи деталей: корпуса и заглушки, отлитых из бронзы Бр.АМц 10-2, двух клапанов, изготовленных из качественной стали 45, пружины из проволоки II диаметра 4 *мм* по ГОСТ 9389—60, штуцера и накидной гайки, изготовленных из стали Ст3, и прокладки из технического картона. Стандартных деталей клапан не имеет. Чертеж выполнен в масштабе 1 : 1.

3. Чертеж двойного обратного клапана дан в пяти изображениях. На месте вида спереди выполнен полный фронтальный разрез плоскостью проходящей через ось симметрии изделия. Этот разрез позволяет выявить внутреннее строение всех деталей клапана. На месте вида сверху выполнено сочетание половины вида с половиной простого горизонтального разреза плоскостью *Б—Б*, проходящей через отводной наконечник корпуса. На виде слева показано внешнее строение

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
12			КМТЧ.241211.000 СБ	Сборочный чертеж		
				Детали		
12		1	КМТЧ.241211.001	Корпус	1	
11		2	КМТЧ.241211.002	Клапан	2	
11		3	КМТЧ.241211.003	Пружина	1	
11		4	КМТЧ.241211.004	Штуцер	1	
11		5	КМТЧ 241211.005	Гайка накидная	1	
11		6	КМТЧ.241211.006	Заглушка	1	
БЧ		7	КМТЧ.241211.007	Прокладка 48×38×2	1	
				Картон Б-2 ГОСТ 9347-60		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КМТЧ.241211.000		
Разраб.		Утенко Л.			Клапан обратный двойной	Литера: И	Лист / Листов: 1
Провер.		Хаскин А.				КМТ Гр. АХП-17	
Н. контр.							
Утв.							

Рис. 393

большинства деталей клапана. На этом же виде выполнен местный разрез, раскрывающий отверстие с резьбой на фланце корпуса.

Кроме этих трех основных изображений, выполнены два выносных сечения: сечение горизонтальной плоскостью $A—A$, раскрывающей отверстия в шестигранной части поверхности корпуса (эти отверстия нужны для пломбирования клапана после установки его в системе питания), и сечение плоскостью $B—B$, дающее представление о сопряжении деталей и поясняющее расположение отверстий в клапане.

4. На чертеже показаны габаритные размеры 101 и 200 *мм*, установочный $75 \pm 0,16$, монтажные размеры — М12 и М36 × 2 — 6*g*. Диаметр ⌀ 18 — эксплуатационный размер.

5. Двойной клапан имеет только разъемные резьбовые соединения. Корпус и накидная гайка соединяются со штуцером метрической резьбой М36 × 2 — 6*g*. Для обеспечения плотности соединения в кольцевую выточку между корпусом и штуцером закладывают технический картон.

Сопряжение внешней поверхности клапана *2* с корпусом *1* и со штуцером *4* выполнено в системе отверстия по скользящей посадке 2-го класса точности. В технических требованиях указано, что клапаны должны быть притерты к корпусу или штуцеру. Заглушку *6* притирают к штуцеру. Трубопроводы, подводящие и отводящие жидкость, присоединяют к корпусу на резьбе М36 × 2 — 6*g*.

6. Последовательность сборки клапана следующая: через нижнее отверстие в корпус вставляют верхний клапан *2*, на котором устанав-

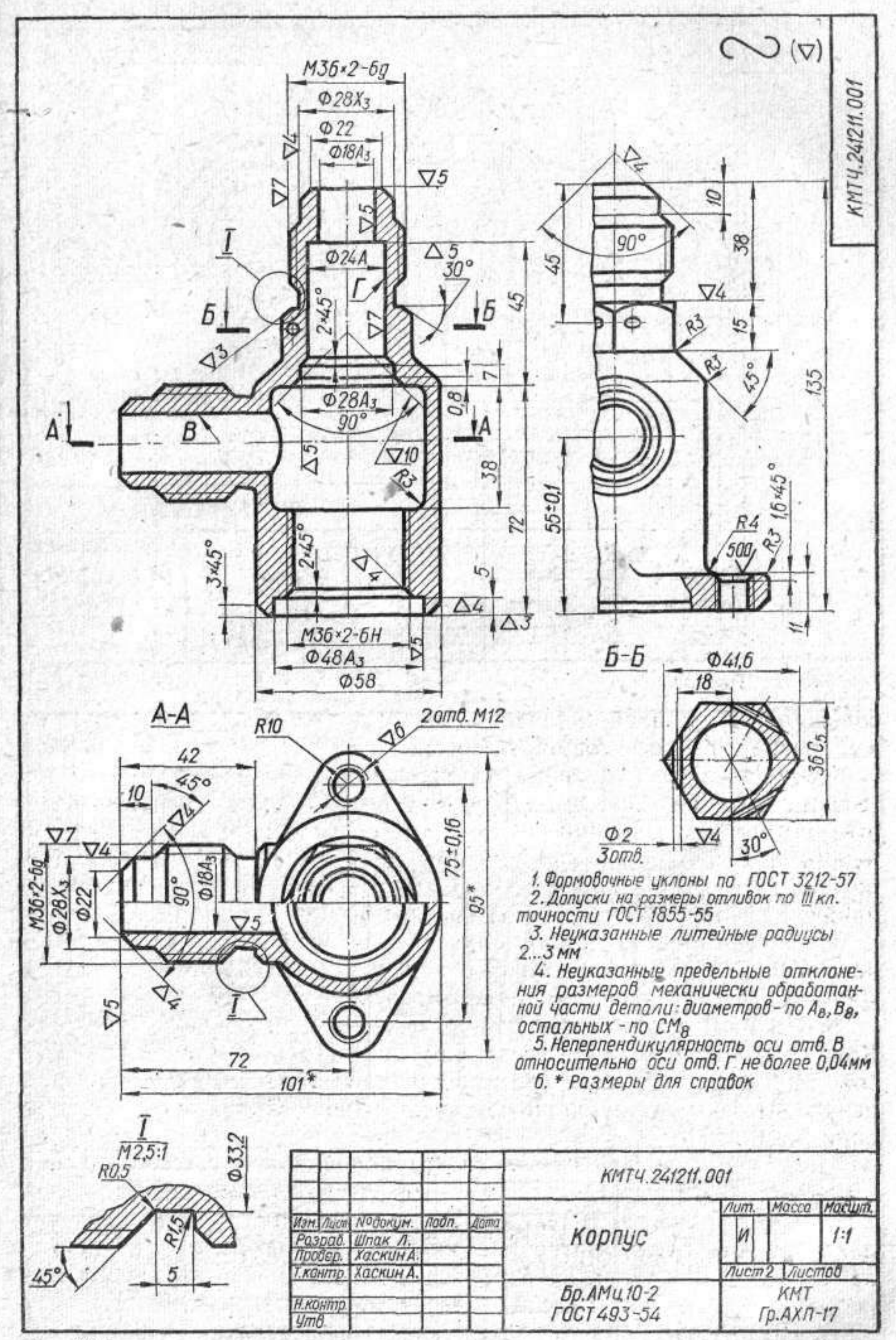

КМТЧ.241211.001
M36×2-6g
Ф28X3
Ф22
Ф18A3
Ф24A
Ф28A3
М36×2-6Н
Ф48A3
Ф58
А-А
Б-Б
R10
2 отв. M12
Ф41,6
Ф2
3отв.
1. Формовочные уклоны по ГОСТ 3212-57
2. Допуски на размеры отливок по III кл. точности ГОСТ 1855-55
3. Неуказанные литейные радиусы 2...3 мм
4. Неуказанные предельные отклонения размеров механически обработанной части детали: диаметров - по Ав, Вв, остальных - по СМ8
5. Неперпендикулярность оси отв. В относительно оси отв. Г не более 0,04мм
6. * Размеры для справок
I
M2,5:1
Корпус
Изм. Лист № докум. Подп. Дата
Разраб. Шпак Л.
Провер. Хаскин А.
Т.контр. Хаскин А.
Н.контр.
Утв.
Лит. Масса Масштаб
И 1:1
Лист 2 Листов
Бр.АМц10-2
ГОСТ 493-54
КМТ
Гр.АХП-17

Рис. 394

КМТЧ. 241211.002

∇4 (∇)

А-А

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7

2. Радиальное биение поверхн. В относительно оси поверхн. Б при опоре на поверхн. Г не более 0,01 мм

3. Поверхность Г притереть по дет. 241211.001 или по дет. 241211.004

					КМТЧ. 241211. 002			
					Клапан	Лит.	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		И		2:1
Разраб.		Шпак Л.				Лист 3	Листов	
Провер.		Бевз И.			Сталь 45 ГОСТ 1050-60	КМТ Гр. АХП-17		
Т. контр.		Бевз И.						
Н. контр.								
Утв.								

Рис. 395

КМТЧ. 241211.003

1. Направление навивки пружины - правое
2. $n = 7,5$
3. $n_1 = 9$
4. HRC 45...49
5. $D_C = 28$ мм
6. Отклонение перпендикулярности торцов к оси пружины не более 1,3 мм
7. * Размеры и параметры для справок

					КМТЧ. 241211. 003			
					Пружина	Лит.	Масса	Масшт.
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		И		2:1
Разраб.		Шпак Л.				Лист 4	Листов	
Провер.		Бевз И.			Проволока II-4,0 ГОСТ 9389-60	КМТ Гр. АХП-17		
Т. контр.		Бевз И.						
Н. контр.								
Утв.								

Рис. 396

КМТЧ. 241211.004

∇4 (∇)

1. Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7

2. Радиальное биение поверхн. А и Б относительно оси отв. не более 0,01 мм

3. Поверхность В притереть по дет. 241211.006

					КМТЧ. 241211.004			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Штуцер	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.		Шпак Л.				И		2:1
Провер.		Хаскин А.						
Т.контр.		Хаскин А.				Лист 5	Листов	
Н.контр.					Ст 3 ГОСТ380-71	КМТ Гр.АХП-17		
Утв.								

Рис. 397

КМТЧ. 241211.005

∇4 (∇)

Неуказанные предельные отклонения размеров: диаметров - по A_7, B_7, остальных - по CM_7

					КМТЧ. 241211.005			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Гайка накидная	Лит.	Масса	Масшт.
Разраб.		Шпак Л.				И		2,5:1
Провер.		Хаскин А.						
Т.контр.		Хаскин А.				Лист 6	Листов	
Н.контр.					Ст 3 ГОСТ380-71	КМТ Гр.АХП-17		
Утв.								

Рис. 398

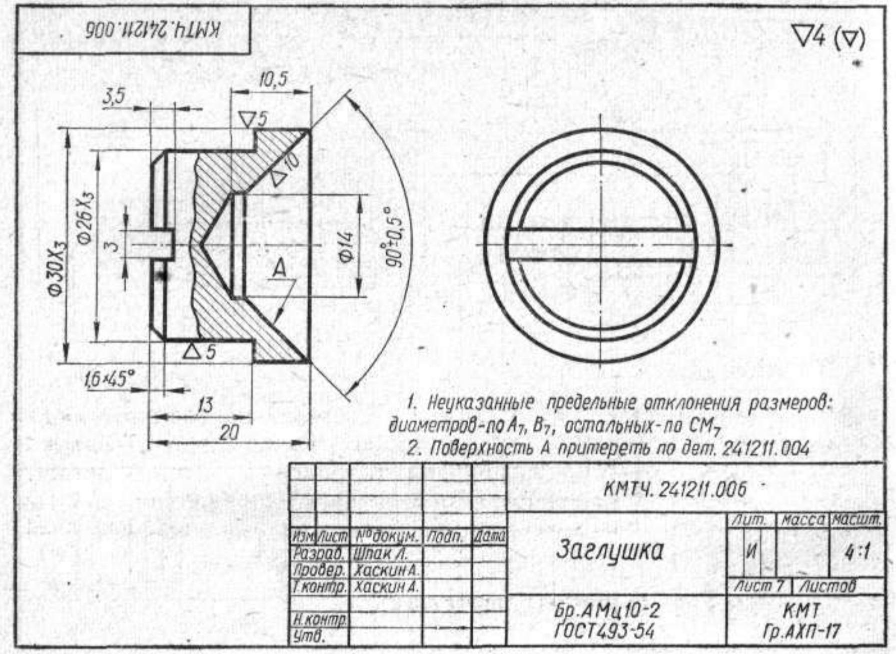


Рис. 399

ливают пружину *3*. Устанавливают второй клапан *2* и фиксируют его при помощи штуцера *4* с прокладкой *7*. В гайку *5* вставляют заглушку *6* и навинчивают гайку на штуцер. Пружина *3* работает на сжатие и ее концевые витки поджаты и подшлифованы.

7. На рис. 394—399 изображены рабочие чертежи отдельных деталей двойного обратного клапана.

8. Рассмотрим в отдельности каждую деталь, например корпус (рис. 394). На виде спереди корпус изображен в полном фронтальном разрезе, на виде сверху дано сочетание вида с горизонтальным разрезом, а на виде слева видно внешнее строение детали. Основная часть корпуса — пустотелый цилиндр, оканчивающийся сверху и слева цилиндрическими наконечниками с резьбой. В верхней части корпус имеет форму шестигранника с отверстиями для пломбирования. Нижняя часть корпуса оканчивается овалообразным фланцем с двумя резьбовыми отверстиями. Наконечники заканчиваются коническими фасками. В нижней части корпус имеет также кольцевую выточку для прокладки. На корпусе монтируются все детали клапана.

Аналогично читаются и все остальные детали изделия.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какова последовательность чтения сборочных чертежей? Что понимать под деталированием сборочного чертежа?
2. Из каких этапов состоит процесс деталирования?
3. Что такое график пропорционального масштаба и как им пользоваться?

4. Что понимать под выражением «согласование размеров сопряженных деталей»?
5. Как изображают на рабочем чертеже детали, элементы которых не показаны на сборочном чертеже (например фаски, проточки, скругления, уклоны и т. п.)?
6. Как по сборочному чертежу определить шероховатость поверхностей деталей?

§ 25. СХЕМЫ

25.1. Виды и типы схем. Общие требования к выполнению схем

Схема — это чертеж, на котором в виде условных обозначений или изображений показаны составные части изделия и связи между ними.

Общие требования к выполнению схем устанавливает ГОСТ 2.701—68. По нему в зависимости от видов элементов, входящих в состав изделия, и связей между ними схемы разделяют на следующие виды: электрические — Э, гидравлические — Г, пневматические — П, кинематические — К и комбинированные — С. В зависимости от основного назначения схемы подразделяют на следующие типы: структурные — 1, функциональные — 2, принципиальные — 3, соединений (монтажные) — 4, подключения — 5, общие — 6 и расположения — 7. Наименование схемы определяется ее видом и типом, например: «схема электрическая принципиальная», «схема гидравлическая подключения» и т. п. В конструкторских документах наименование схемы указывают шифром, состоящим из буквы и цифры, обозначающих ее вид и тип, например: К3 — схема кинематическая принципиальная, Э2 — схема электрическая функциональная и т. п.

В учебнике рассматриваются только принципиальные кинематические и электрические схемы, выполняемые в учебных заданиях техникумов.

Принципиальная (полная) схема определяет полный состав элементов изделия и связей между ними и дает детальное представление о принципах работы изделия (установки).

Принципиальная схема позволяет производить наладку, регулировку, контроль и ремонт изделия. Эти схемы являются основанием для разработки других конструкторских документов.

Основные требования к выполнению схем:

1. Схемы выполняют без соблюдения масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия. Число схем должно быть минимальным, но достаточным для проектирования, изготовления, настройки, регулировки и эксплуатации изделия. Вычерчивают схемы компактно, но без ущерба для удобства их чтения.

2. На схемах, как правило, используют стандартные графические условные обозначения. Если необходимо использовать нестандартизованные обозначения отдельных элементов, то на схеме делают соответствующие пояснения.

3. Следует добиваться наименьшего числа изломов и пересечений линий связи, сохраняя между параллельными линиями расстояние не менее 3 *мм*.

4. Элементы изделия, входящие в определенные функциональные группы или устройства, допускается выделять на схемах тонкими

штрих-пунктирными линиями и указывать наименования этих групп, например: коробка скоростей, суппорт, коробка круговых подач и др.

5. На схемах допускается помещать различные технические данные, характеризующие схему в целом и отдельные ее элементы. Эти сведения помещают либо около графических обозначений, либо на свободном месте поля чертежа, как правило, над основной надписью.

6. Разрешается выполнять схему на нескольких листах либо две схемы на одном листе. В последнем случае наименование схемы определяется видом и совмещенными типами схем, например: схема электрическая принципиальная и соединений.

25.2. Кинематические схемы (ГОСТ 2.703—68)

На кинематической схеме должны быть показаны все кинематические элементы изделия, отражены кинематические связи механического и немеханического типа между различными элементами и группами элементов и должна быть показана связь механизма с двигателем.

К кинематическим элементам относят валы, оси, подшипники, муфты, тормоза, шкивы, зубчатые колеса, ременные передачи, червяки и т. п. Вычерчивают кинематическую схему, как правило, в виде развертки, т. е. она не дает представления о пространственном (объемном) расположении составных частей изделия. Допускается выполнять схему в пределах упрощенного контура изделия, например контура станка. Схемы с особо сложной пространственной кинематической системой рекомендуется изображать в аксонометрических проекциях.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770—68. Часть этих обозначений приведена в табл. 22. Условные обозначения лишь в самых общих чертах напоминают собой детали. Так, например, валы и оси показывают сплошной утолщенной линией, шкив на одной проекции изображают окружностью, а на другой — прямоугольником, зубчатые колеса — прямоугольником и штрих-пунктирной линией (делительная окружность), неподвижное соединение детали с валом указывают крестиком, а подвижное — чертой, изображающей шпонку, и т. д.

Условные знаки, применяемые в схемах, вычерчивают, не придерживаясь масштаба изображения. Однако при повторении одних и тех же знаков выполнять их нужно одинаковыми. Соотношение размеров условных графических обозначений элементов должно примерно соответствовать действительному соотношению их размеров.

Не нарушая ясности схемы, допускается отдельные элементы переносить вверх или вниз от их истинного положения, выносить за контур изделия, поворачивать и т. д. Если валы и оси пересекаются, то в местах пересечения их линии не разрывают. Если валы и оси закрыты другими элементами, то их изображают как невидимые.

Когда в изделие входит несколько одинаковых механизмов, допускается изображать схему одного из них, а остальные показывать упрощенно. Если какой-либо механизм, входящий в изделие, собирается и регулируется по самостоятельной схеме, то на общей кинематиче-

Некоторые условные обозначения на кинематических схемах (ГОСТ 2.770—68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Вал, ось, стержень, шатун и т. п.		Соединение детали с валом: свободное при вращении	
Неподвижное закрепление оси, стержня пальца и т. п.		подвижное без вращения	
		при помощи вытяжной шпонки	
Соединение стержней: жесткое		глухое	
шарнирное		Соединение двух валов:	
Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа):		глухое	
радиальный		эластичное	
радиально-упорный односторонний		шарнирное	
Подшипники скольжения: радиальный		Муфты сцепления: кулачковая двусторонняя	
		конусная односторонняя	
радиально-упорный двусторонний		дисковая односторонняя	
Подшипники качения:		Тормоза: конусные	
радиальный (общее обозначение)			
радиальный роликовый		колодочные	
упорный шариковый одинарный		Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Передача плоским ремнем открытая		Передача зубчатая коническая	
Передача клиновидным ремнем		Передача червячная с цилиндрическим червяком	
Передача зубчатая цилиндрическая (внешнее зацепление)		Неразъемная гайка на винте, передающем движение	

ской схеме изделия его изображают упрощенно, без указания внутренних связей. При этом нужно делать ссылку на самостоятельную схему этого механизма.

Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов механизма. Допускается тонкими штрихпунктирными линиями показывать крайние положения движущихся элементов механизма.

Валы, оси и стержни на кинематической схеме изображают сплошными основными линиями толщиной *s*; подшипники, шкивы, зубчатые колеса, червяки, звездочки, тормоза — сплошными линиями толщиной *s*/2; контур изделия, в который вписана схема,— сплошными тонкими линиями толщиной *s*/3; кинематические связи между сопряженными звеньями пары, вычерченными раздельно,— штриховыми линиями толщиной *s*/2; кинематические связи между элементами и группами, осуществляемые немеханическим путем, например электрическим,— двойными штриховыми линиями толщиной *s*/2.

На кинематических схемах допускается указывать: а) наименование каждой кинематической группы элементов, имеющей определенное функциональное назначение, например, привод подачи и др. (наименование записывают на полке линии-выноски, проведенной от соответствующей группы); б) основные характеристики и параметры кинематических элементов, а именно: для двигателей — наименование, тип, мощность, число оборотов; для зубчатых колес — число зубьев и модуль; для шкива ременной передачи — диаметр; для червяка — модуль, число заходов, тип червяка; для звездочек — число зубьев и шаг цепи и т. д. Также допускается указывать на схемах

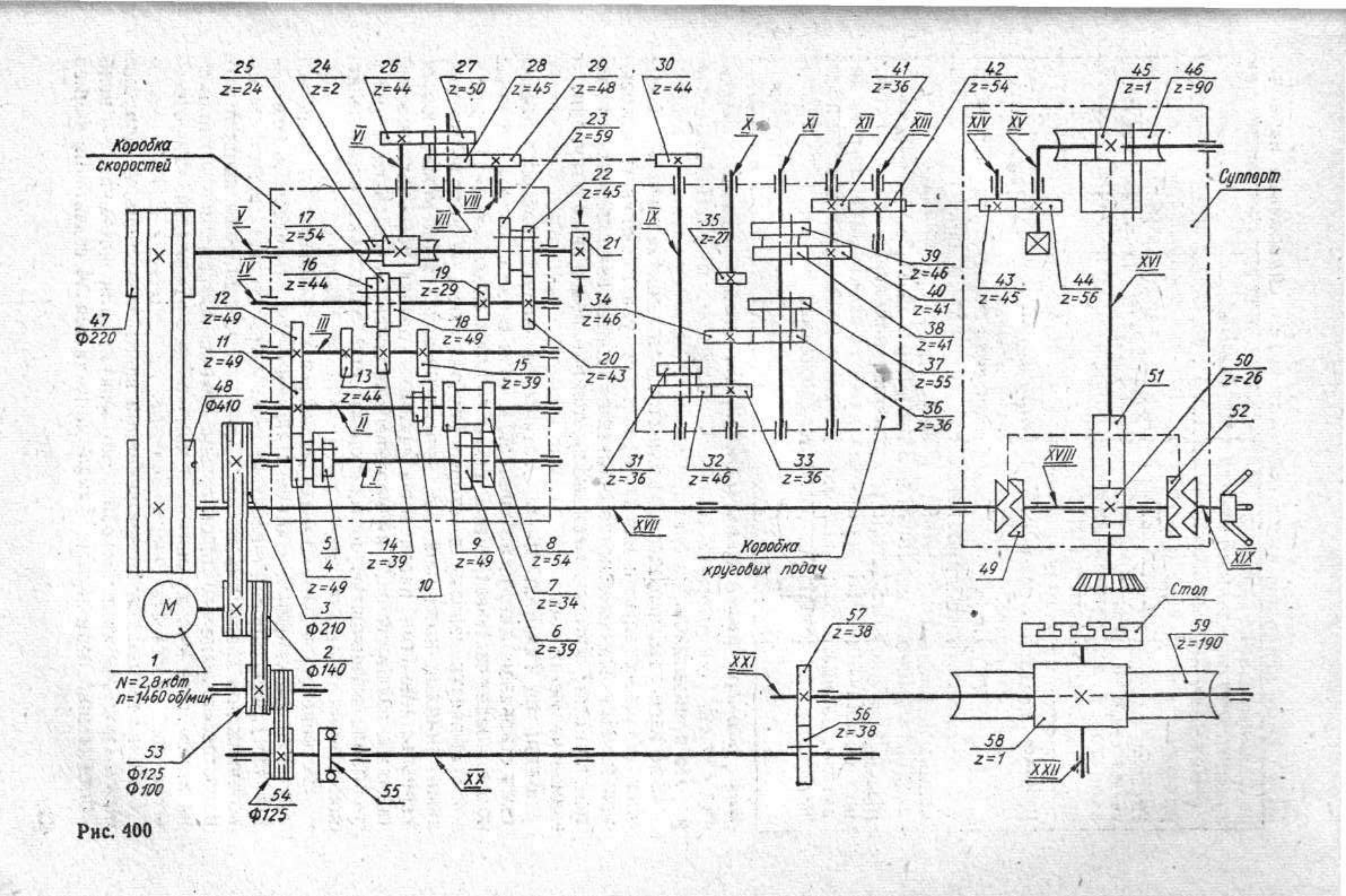

Коробка скоростей
Коробка кругowых подач
Суппорт
Стол
1
N=2,8 квт
n=1460 об/мин
M
2
Φ140
3
Φ210
4
z=49
5
6
z=39
7
z=34
8
z=54
9
z=49
10
11
z=49
12
z=49
13
z=44
14
z=39
15
z=39
16
z=44
17
z=54
18
z=49
19
z=29
20
z=43
21
22
z=45
23
z=59
24
z=2
25
z=24
26
z=44
27
z=50
28
z=45
29
z=48
30
z=44
31
z=36
32
z=46
33
z=36
34
z=46
35
z=27
36
z=36
37
z=55
38
z=41
39
z=46
40
z=41
41
z=36
42
z=54
43
z=45
44
z=56
45
z=1
46
z=90
47
Φ220
48
Φ410
49
50
z=26
51
52
53
Φ125
Φ100
54
Φ125
55
56
z=38
57
z=38
58
z=1
59
z=190
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV
XV
XVI
XVII
XVIII
XIX
XX
XXI
XXII

Рис. 400

предельные величины чисел оборотов валов, справочные и расчетные данные в виде графиков, диаграмм, таблиц, данные, поясняющие связи между отдельными элементами, и др.

Каждому кинематическому элементу на схеме присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. Валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы — арабскими. Если в схеме есть покупной или заимствованный механизм, например редуктор, вариатор, то всему механизму присваивают один номер, а отдельные его элементы не нумеруют.

Порядковый номер проставляют на полке линии-выноски. Под полкой указывают основные характеристики и параметры кинематического элемента.

На рис. 400 изображена кинематическая схема станка. Самостоятельно рассмотрите и прочтите схему, поясните графические обозначения, надписи и др. Чтение рекомендуется начинать с изучения паспорта данного механизма. Затем переходят к чтению схемы, отыскивая основные детали механизма и пользуясь таблицей условных обозначений. Чтение кинематической схемы начинают от двигателя, дающего движение всем деталям механизма, и идут последовательно по ходу передачи этого движения.

25.3. Электрические схемы (ГОСТ 2.702—68)

На принципиальной электрической схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, указывают электрические связи между элементами, изображают разъемы, зажимы и тому подобные элементы, которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Элементы на схеме изображают в виде условных графических обозначений по ГОСТ 2.721—68 ... 2.751—68; размеры знаков графических обозначений берут из ГОСТ 2.747—68. В табл. 23 приведены знаки, наиболее часто встречающиеся в учебных схемах.

Графические знаки на схеме вычерчивают либо в положении, в котором они изображены в соответствующих стандартах, либо повернутыми на угол, кратный 90°. Толщина линий условных графических знаков берется такой, как это изображено в стандартах.

Схемы вычерчивают для изделий, находящихся в отключенном положении.

Условные графические обозначения в схемах выполняют совмещенным или разнесенным способом. При разнесенном способе, рекомендуемом для построения электрических схем, условные графические обозначения элементов и их составных частей, входящих в одну цепь, изображают последовательно друг за другом по прямой, а отдельные цепи — одну под другой, образуя параллельные строки (строчный способ выполнения схемы).

Схемы выполняют в однолинейном или многолинейном изображениях. При многолинейном способе каждую цепь, в том числе и цепи, выполняющие одинаковые функции, изображают отдельной линией,

Таблица 23

Некоторые условные графические обозначения на электрических схемах (ГОСТ 2.747-68)

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Корпус	5...10	Катушка индуктивности с магнитодиэлектрическим сердечником	
Заземление	90°; 5...10	Баллон электровакуумного прибора	Ø14; 18; R7; 14
Соединение электрическое металлическое	Ø1...2; Ø1...2; Ø2...3		
Элемент гальванический или аккумуляторный	1; 4; 8	Лампа осветительная	Ø6...8
Термоэлемент, термопара	60°; 5	Диод полупроводниковый	60°; 5
Прибор измерительный	Ø10; 4; 14; 10	Триод полупроводниковый	2; 60°; 1,5; 4; Ø10
Предохранитель плавкий	10; 4		
Контакт выключателя и переключателя реле	Ø1,5...2 8; 3; 30°; 8	Волновод прямоугольный круглый	3; 6 Ø6
		Элемент логический	R7; 5
Кнопка	10; 2; 2; 8	Антенна (общее обозначение)	60°; 5

Наименование	Обозначение	Наименование	Обозначение
Штепсель	90°, 3	Аппарат телефонный	R12, 3, 8, 12
Разъем штепсельный	2	Телефон	5, 7, 4
Резистор постоянный	4, 10	Микрофон	Ф8
регулируемый		Громкоговоритель (репродуктор)	4, 10, 3, 6
Конденсатор постоянный	6, 1	Звонок электрический	R4
регулируемый			
подстроечный			
Катушка индуктивности, обмотка	R1,5...4		

а элементы, содержащиеся в указанных цепях, в том числе и аналогичные,— отдельными условными графическими обозначениями.

Расположение графических обозначений на схеме определяется удобством чтения чертежа, необходимостью изображения связей между элементами кратчайшими линиями при минимальном числе пересечений.

Линии связи, как правило, показывают полностью. Толщина линий электрической связи берется 0,2 ... 0,6 *мм*.

Каждый элемент, входящий в изделие и изображенный на схеме, должен иметь буквенно-цифровое позиционное обозначение. Буквенные обозначения элементов следующие: резистор — *R*, конденсатор — *C*, катушка индуктивности — *L*, амперметр — *A*, вольтметр — *V*, антенна — Ан, генератор — Г, диод полупроводниковый — Д, дроссель — Др, кнопка — Кн, прибор электронный — Л, двигатель (мотор) — *М*, приспособление контактное — ПК, прибор полупроводни-

ковый — ПП, предохранитель — Пр, реле — Р, сельсин — Сс, триод полупроводниковый — Т, трансформатор — Тр и т. д.

Если схема имеет группу элементов одного типа, то им в пределах группы присваивают порядковые номера, начиная с единицы, например: *R*1; *R*2; *R*3; *C*1; *C*2; *C*3 и т. д. Цифры порядковых номеров и буквенные позиционные обозначения выполняют одним номером шрифта. Позиционные обозначения наносят рядом с условным знаком справа от него или над ним. Порядковые номера на схеме присваивают в соответствии с последовательностью расположения элементов, как правило, сверху вниз и в направлении слева направо.

На принципиальной схеме в виде таблицы дается перечень элементов изделия. Таблицу помещают на первом листе схемы или оформляют в виде отдельного документа. Записывают элементы в таблицу группами в порядке расположения их в приложении к ГОСТ 2.702—68, т. е. вначале — резисторы, затем — конденсаторы, катушки индуктивности, амперметры и т. д. В пределах каждой группы элементы располагают по возрастанию позиционных номеров. Если какой-либо элемент в изделии повторяется многократно (резисторы, конденсаторы, реле и т. п.), то для упрощения в графе «Наименование» вместо повторения названия ставят кавычки или наименование записывают в форме заголовка. На рис. 401 дан пример принципиальной схемы электрического прибора и к нему — таблица.

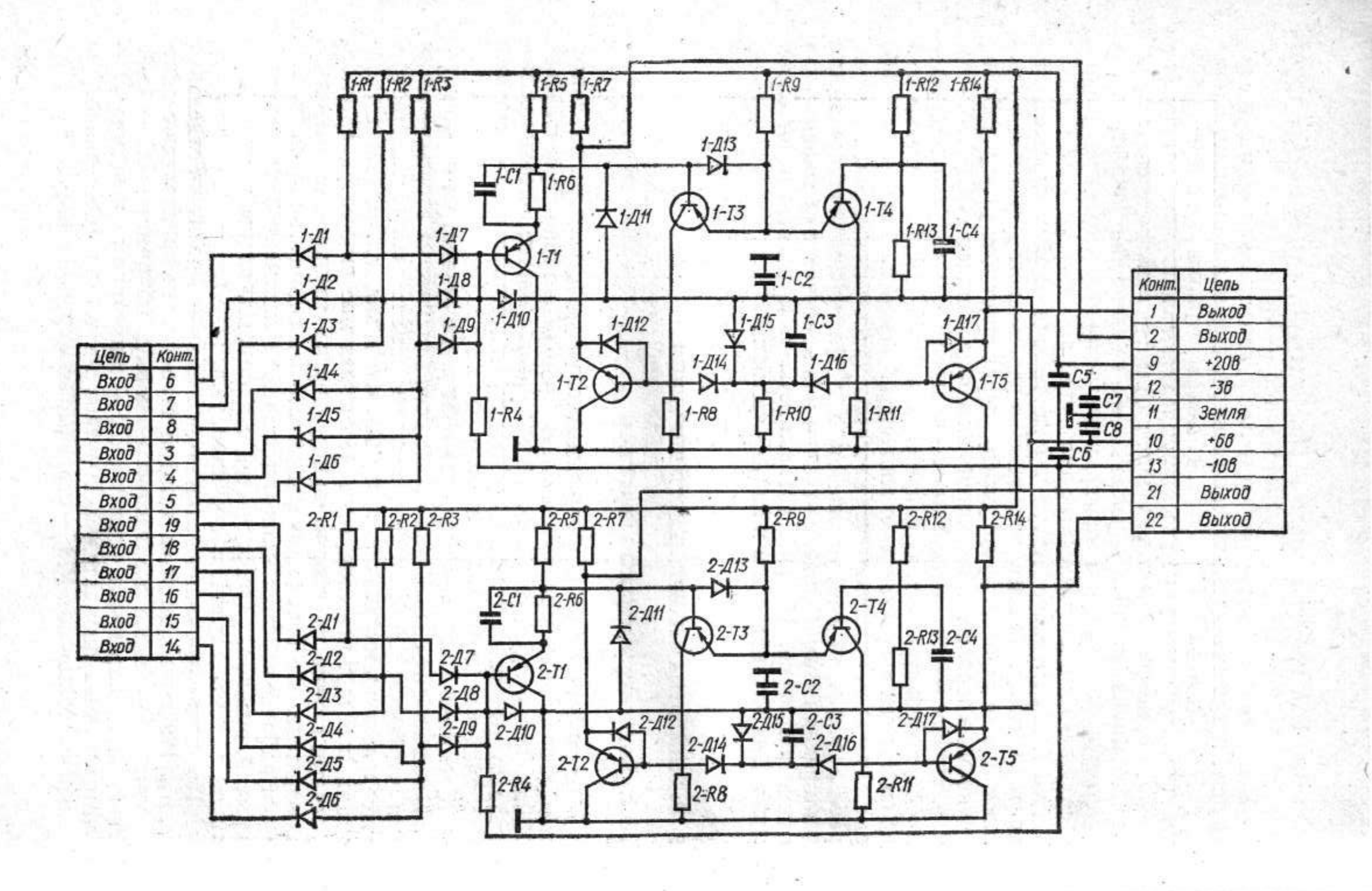
§ 26. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

26.1. Виды строительных чертежей

В зависимости от изображаемых объектов строительные чертежи делят на инженерно-строительные и архитектурно-строительные. К инженерно-строительным относят чертежи мостов, плотин, железнодорожных путей и т. п.; к архитектурно-строительным — чертежи зданий, цехов, школ, театров и т. п.

Строительный объект проектируют в две стадии: на первой стадии происходит разработка проектного задания; на второй — рабочих чертежей. В проектное задание входит разработка планов, фасадов, разрезов зданий, генерального плана и т. п. (без детализации конструкции сооружения), составление сметно-финансового расчета стоимости сооружения и другие технико-экономические показатели. На основе утвержденного проектного задания выполняют рабочие чертежи (планы и разрезы фундаментов, планы перекрытий, стропил, развертки стен с каналами, планы этажей, монтажные схемы, детали конструкции, узлы и др.).

Проекты современных зданий и сооружений делят на отдельные части. Рабочим чертежам каждой такой части присваивают определенное буквенное обозначение — марку, например: АС — архитектурно-строительные чертежи, СТ — санитарно-технические, Д — чертежи отдельных деталей, Т — типовые детали, КЖ — конструкции железобетонные, КМ — стальные конструкции и др.



Цепь Конт.
Вход 6
Вход 7
Вход 8
Вход 3
Вход 4
Вход 5
Вход 19
Вход 18
Вход 17
Вход 16
Вход 15
Вход 14
Конт. Цепь
1 Выход
2 Выход
9 +20в
12 -3в
11 Земля
10 +6в
13 -10в
21 Выход
22 Выход
1-R1 1-R2 1-R3 1-R4 1-R5 1-R6 1-R7 1-R8 1-R9 1-R10 1-R11 1-R12 1-R13 1-R14
1-Д1 1-Д2 1-Д3 1-Д4 1-Д5 1-Д6 1-Д7 1-Д8 1-Д9 1-Д10 1-Д11 1-Д12 1-Д13 1-Д14 1-Д15 1-Д16 1-Д17
1-T1 1-T2 1-T3 1-T4 1-T5
1-C1 1-C2 1-C3 1-C4
2-R1 2-R2 2-R3 2-R4 2-R5 2-R6 2-R7 2-R8 2-R9 2-R11 2-R12 2-R13 2-R14
2-Д1 2-Д2 2-Д3 2-Д4 2-Д5 2-Д6 2-Д7 2-Д8 2-Д9 2-Д10 2-Д11 2-Д12 2-Д13 2-Д14 2-Д15 2-Д16 2-Д17
2-T1 2-T2 2-T3 2-T4 2-T5
2-C1 2-C2 2-C3 2-C4
C5 C6 C7 C8

Поз. обозначение	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
R1..., R3		Резистор МТ-0,25-5,6к±5%-Б ГОСТ 7113-66	6	
R4		" МТ-0,25-10к-±5%-Б "	2	
R5		" МЛТ-0,5-2,4к±5% "	2	
R6		" МЛТ-0,25-510±5% "	2	
R7		" МТ-0,25-6,2к±5%-Б "	2	
R8		" МЛТ-0,25-560±5% "	2	
R9		" МЛТ-0,5-1,1к±5% "	2	
R10		" МЛТ-0,25-510±5% "	2	
R11		" МЛТ-0,25-560±5% "	2	
R12		" МЛТ-0,25-3к±5% "	2	
R13		" МЛТ-0,25-100±5% "	2	
R14		" МТ-0,25-6,2±5%-Б "	2	
C1		Конденс. КТ-1а-М1300-150±10%-1ОЖ0.460.024ТУ	2	
C2		" КЛС-1Е-а-Н70-6800 $^{+80}_{-20}$% ОЖ0.460.031ТУ	2	
C3		" КЛС-1Е-а-Н70-3300 $^{+30}_{-20}$% ОЖ0.460.031ТУ	2	
C4		" КЛС-1Е-а-Н70-3300 $^{+50}_{-20}$% ОЖ0.460.031ТУ	2	
C5...C8		" КПМ-3-Н-22000 $^{+80}_{-20}$% ОЖ0.460.044ТУ	4	
Д1...Д6		Диод полупроводниковый Д10БТТ3.362.000ТУ	12	
Д7...Д9		" " Д10АТТ3.362.000ТУ	6	
Д10		" " Д10БТТ3.362.000ТУ	2	
Д11		" " Д10БТТ3.362.000ТУ	2	
Д12		" " Д311ТТ3.362.000ТУ	2	
Д13		" " Д10АТТ3.362.000ТУ	2	
Д14		" " Д311ТТ3.362.000ТУ	2	
Д15		" " Д10А ТТ3.362.000ТУ	2	
Д16		" " Д10Б ТТ3.362.000ТУ	2	
Д17		" " Д10А ТТ3.362.000ТУ	2	
Т1...Т5		Транзистор П416Б ШП3.365.001ТУ	10	

Рис. 401

Применение единой модульной системы (ЕМС) способствует типизации и стандартизации в строительстве и производстве строительных изделий. Сущность ЕМС заключается в том, что размеры конструктивных и объемно-планировочных элементов принимаются кратными основному модулю — 100 *мм*. Укрупненные модули берут следующих размеров: 200, 300, 600, 1200, 1500, 3000 и 6000 *мм* и обозначают их соответственно 2М, 3М, 6М, 12М, 15М, 30М и 60М.

В современном строительстве широко используются типовые проекты и конструкции, сборный железобетон и детали заводского изготовления. Индустриальный способ строительства заключается в том, что при помощи монтажных схем на строительных площадках собирают здания из элементов заводского изготовления.

26.2. Оформление строительных чертежей

Строительные чертежи выполняют на листах бумаги стандартных форматов по ГОСТ 2.301—68. Масштабы строительных чертежей берут в зависимости от размеров изображаемого объекта, назначения чертежа, стадии проектирования и т. п. Например, рабочие чертежи генеральных планов выполняют в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000, планы этажей — в масштабах 1 : 200, 1 : 100; планы фундаментов — в масштабах 1 : 200, 1 : 100; детали конструкций — в масштабах 1 : 5, 1 : 10, 1 : 20 и т. д.

На строительных чертежах используют линии по ГОСТ 2.303—68. Выполняя чертежи, руководствуются следующим правилом: элемент, который нужно выделить на чертеже при наличии других линий видимого контура, обводят линией большей толщины. Например, на планах перекрытий утолщенными линиями показывают элементы перекрытия, а контуры стен обводят более тонкими линиями. На арматурных чертежах железобетонных конструкций утолщенными линиями изображают арматуру и т. д.

При выполнении разрезов элементы конструкции, попадающие в сечение, выполняют линией большей толщины по сравнению с элементами, лежащими за секущей плоскостью. Например, для чертежа здания в масштабе 1 : 100 элементы, попавшие в секущую плоскость, выполняют линией толщиной 1 *мм*, а лежащие за секущей плоскостью — линией толщиной 0,3 *мм*. Контур здания на фасаде обводят линией толщиной 0,8 *мм*, окна на фасаде — линией толщиной 0,3 *мм*, оборудование на плане — линией толщиной 0,2 *мм* и т. д.

Линии выносные, размерные, осевые и линии штриховки выполняют по ГОСТ 2.303—68. Размеры на планах, разрезах и фасадах проставляют, как правило, в миллиметрах, а на генеральных планах — в метрах. Относительные отметки уровня, т. е. высоты над уровнем пола, проставляют в метрах; площади комнат, цехов — в квадратных метрах. Размеры проставляют в виде замкнутой цепочки, причем их можно повторять и контролировать. Вместо стрелок размерные линии заканчивают косыми штрихами — засечками. Размерные линии могут пересекаться между собой.

Надписи на чертежах выполняют шрифтом по ГОСТ 2.304—68.

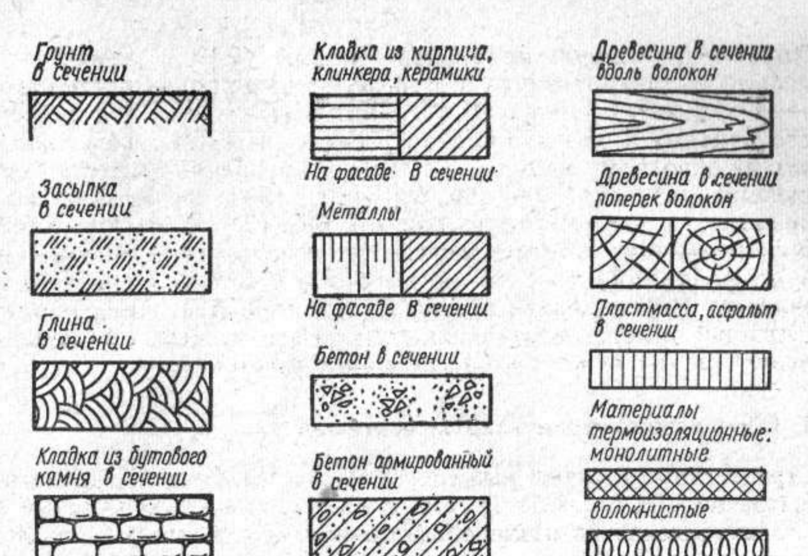


Рис. 402

Проемы оконные в плане

в разрезе

с одинарными переплетами

с двойными переплетами

с четвертями с двойными переплетами

Лестница

В разрезе

Нижний марш в плане

Промежуточный марш

Верхний марш

Переплет оконный одинарный верхнеподвесной, открывающийся

наружу

внутрь

Перегородки

Общее обозначение

Из светопрозрачных материалов

Двери в проеме створные

Дверь с качающимся полотном

Кабины душевые в плане

Кабины туалетные в плане

однопольные

двупольные

однопольная

Рис. 403

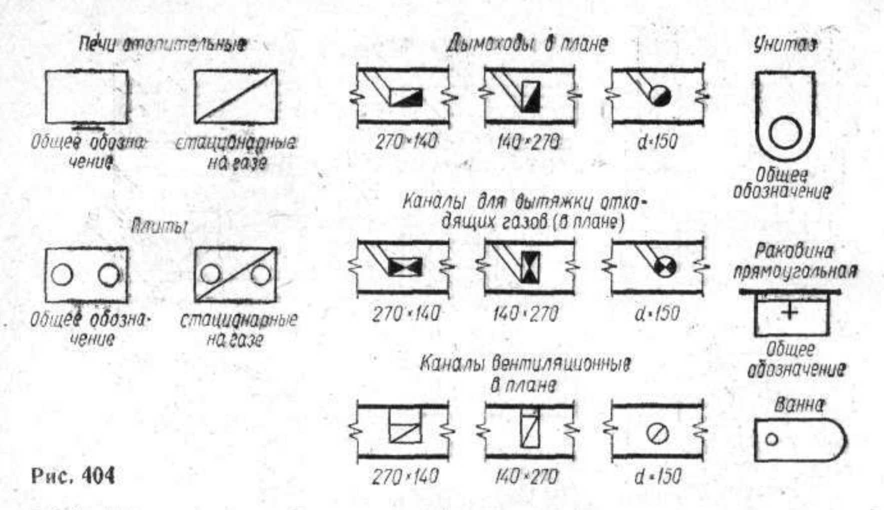


Рис. 404

26.3. Условные графические обозначения

На строительных чертежах широко применяют условные обозначения. Рис. 402 представляет условные обозначения строительных материалов по ГОСТ 2.306—68. В случае необходимости, материалы заштриховывают не только в сечении, но и на фасаде, как это показано для металла и кирпича. В этом случае штриховку выполняют лишь отдельными участками у контура здания. В строительной практике для обозначения материалов применяют и раскраску.

На рис. 403, 404 приведены условные графические обозначения элементов зданий по ГОСТ 11691—66 и 11628—65. На условном обозначении указывают направление открывания дверных полотен и оконных створок. На плане лестничной клетки стрелкой указывают направление марша вверх. В обозначении дымоходов и вентиляционных каналов указывают размеры их сечений.

26.4. Элементы зданий

Фундамент — это подземная часть здания, предназначенная для передачи нагрузки от здания на основание. Плоскость, ограничивающая фундамент снизу, называется *подошвой*, а ограничивающая его сверху — *обрезом*.

Глубина заложения фундамента зависит от уровня промерзания грунта, рельефа строительной площадки, конструктивных особенностей здания и др. Глубина заложения фундамента должна быть на 10—20 *см* ниже уровня промерзания грунта.

По конструкции различают фундаменты *ленточные* (рис. 405, *а—в*), *столбчатые, сплошные* и др. В современном строительстве применяют сборные бетонные и железобетонные фундаменты из крупных блоков. На рис. 405, *в, г* изображены сборные ленточные фундаменты из блоков с вертикальными и горизонтальными пустотами. В каркасных промышленных зданиях под колонны ставят фундаменты с широкой

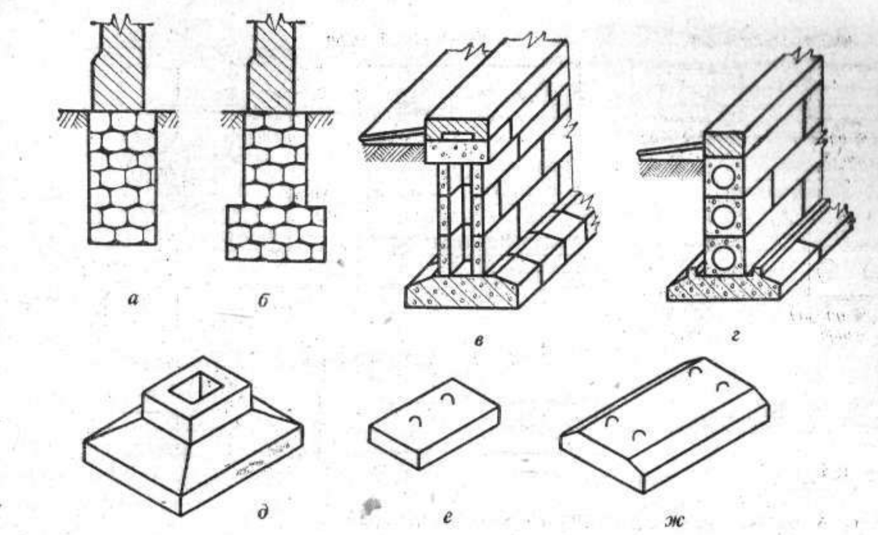


Рис. 405

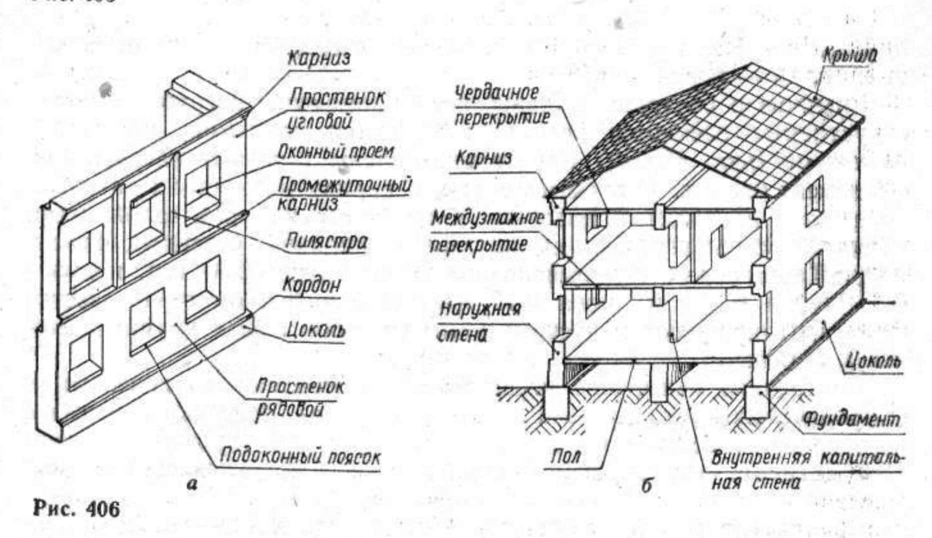


Рис. 406

подошвой прямоугольного или стаканного типа (рис. 405, *д—ж*). В комплект рабочих чертежей входит и план фундамента.

Стены и перегородки. Стены (рис. 406, *а*) защищают здание от осадков и температурных колебаний, а также служат опорами, поддерживающими крышу и междуэтажные перекрытия. Нижняя утолщенная, выступающая наружу часть стены называется *цоколем*. Она предохраняет стены от грунтовых вод и механических повреждений. Верхняя часть здания оканчивается *карнизом*, который придает стене законченный вид и защищает ее от осадков. В стенах выполняют проемы для окон и дверей. Часть стены между проемами называется

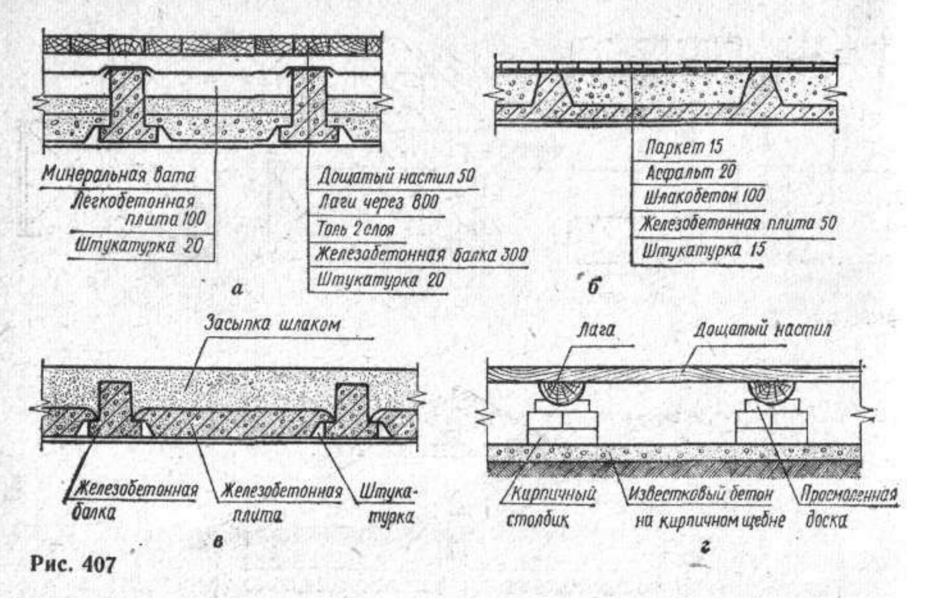


Рис. 407

простенком. Над проемами в стене кладут стальные или железобетонные балки — перемычки.

Внешние и внутренние стены, воспринимающие нагрузку от конструктивных элементов здания, называются *несущими*, или *капитальными* (рис. 406, *б*). Капитальные стены передают нагрузку на фундамент здания. В промышленных и каркасных зданиях нагрузка передается на балки и колонны, а стены играют роль заполнителя каркаса. Стены изготовляют из дерева, кирпича, бетонных блоков и др. Кирпичные стены бывают толщиной в один (250 *мм*), полтора (380 *мм*) и в два кирпича (510 *мм*). В современном строительстве стены изготавливают индустриальным способом в виде крупных блоков и панелей.

Внутренние ненесущие перегородки изготовляют из гипсовых и фибролитовых плит, дерева и другого материала. Заводским способом перегородки изготовляют на целую комнату с вмонтированным дверным проемом. Перегородки опираются на междуэтажные перекрытия.

Перекрытия и полы. Перекрытия разделяют здание по высоте на этажи (междуэтажные перекрытия — рис. 407, *а*, *б*), отделяют верхний этаж от чердака (чердачное перекрытие — рис. 407, *в*), а первый этаж от подвала (подвальное перекрытие — рис. 407, *г*). Каждое перекрытие состоит из несущей части и наполнителя. Несущие конструкции собирают из деталей индустриального изготовления — балок, плит, панелей и др. Наполнители обеспечивают звуко- и теплоизоляционные свойства и должны отвечать противопожарным нормам. На рис. 407 указано, из каких слоев состоит наполнитель и толщина каждого слоя. Полы собирают из шпунтовых досок, которые опираются на деревянные лаги (рис. 407, *г*). Паркетные полы выполняют из мелких досточек (клепок), изготовленных из твердых пород дерева.

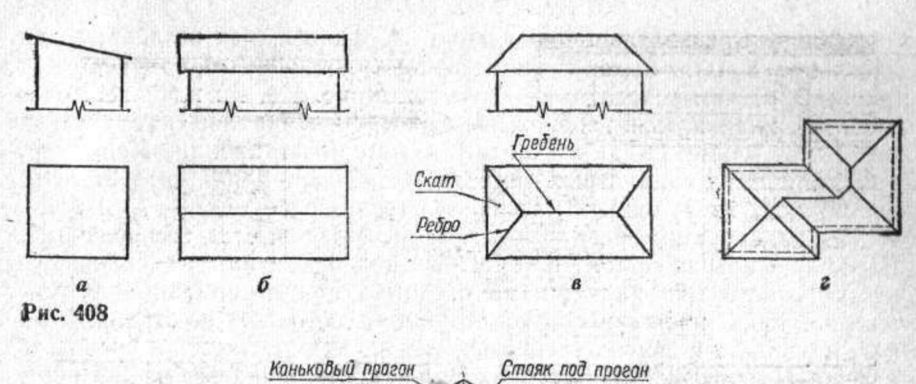
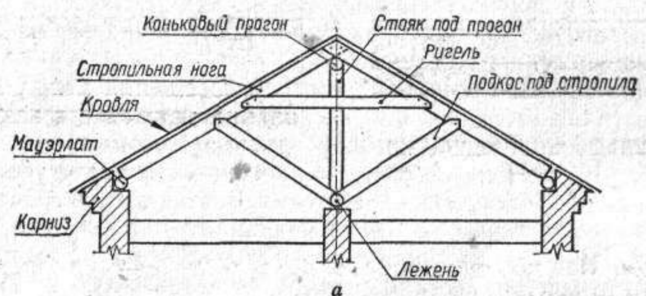
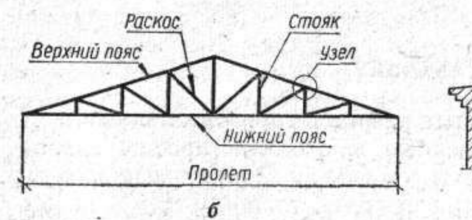


Рис. 408





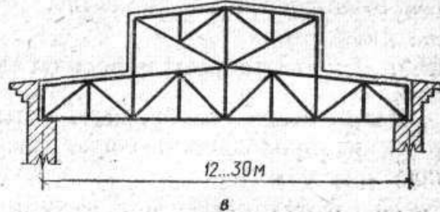


Рис. 409

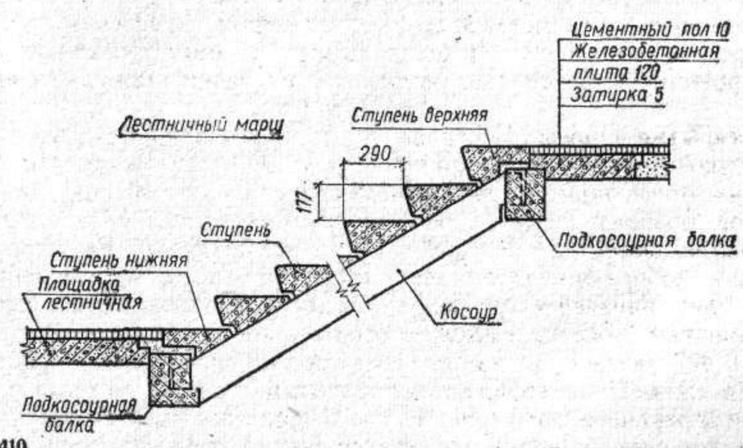


Рис. 410

Крыши. Крыша защищает здание от атмосферных осадков, ветра и солнца. Крыши бывают односкатные (рис. 408, *а*), двухскатные (рис. 408, *б*), четырехскатные—вальмовые (рис. 408, *в*) и плоские. Более сложный план крыши изображен на рис. 408, *г*. Наклон скатов крыши зависит от климатических условий и материала кровли. Например, для кровли из силикатных материалов наклон принимают 27—45°, для кровли из рулонных материалов (толь, рубероид) — 7° и т. д.

По конструкции различают крыши чердачные и бесчердачные. Чердачная крыша состоит из кровли и обрешетки или из сплошного настила, который опирается на стропила или стропильные фермы. На рис. 409, *а* представлена конструкция, состоящая из стропильных ног, мауэрлата и других элементов, создающих жесткость и прочность крыши. На рис. 409, *б*, *в* изображены металлические фермы для перекрытия промышленного здания.

Лестницы служат основным средством сообщения между этажами. Состоит лестница из одного или нескольких маршей и в зависимости от этого называется одномаршевой, двухмаршевой и т. д. Каждый марш (рис. 410) состоит из определенного количества ступеней, уложенных на балки *(косоуры)*, и ограждения. Вертикальная грань ступени называется *подступенью*, а горизонтальная — *проступью*. Размеры подступени 150—180 *мм*, проступи — 270—320 *мм*. Уклоны марша зависят от назначения лестницы и берутся в границах 1 : 2; 1 : 1,75; 1 : 1,5. В современном строительстве лестницы выполняют из сборных железобетонных элементов.

26.5. Планы, разрезы и фасады зданий

Планы этажей изображают в виде разрезов горизонтальными плоскостями, проходящими через дверные и оконные проемы здания. По плану можно представить форму и размеры здания, расположение комнат, колонн, оконных и дверных проемов, толщину стен и перегородок, размещение лестниц, санитарно-бытового и технологического оборудования и др. На планах промышленных зданий указывают железнодорожные пути, станки, подъемно-транспортные механизмы и т. п. План вычерчивают для каждого этажа и делают над ним надпись: «План 1-го этажа», «План 2-го этажа» и т. д.

Для вычерчивания плана вначале наносят сетку разбивочных осей стен и колонн. Слева и снизу оси заканчивают кружками диаметром 7—9 *мм*, в которых проставляют марки осей (рис. 411). Оси, расположенные вдоль здания, маркируют снизу вверх буквами русского алфавита, а расположенные поперек здания — слева направо арабскими цифрами. После нанесения осей вычерчивают план здания и условными знаками наносят расположение окон, дверей, лестниц, печей, санитарно-технического оборудования и т. п. Стены, попавшие в сечение, не заштриховывают.

За габаритами плана указывают следующие размеры (начиная от стены): а) размеры простенков, оконных и дверных проемов; б) расстояния между разбивочными осями; в) расстояния между крайними осями стен. Внутри плана указывают: а) привязку внутренних стен

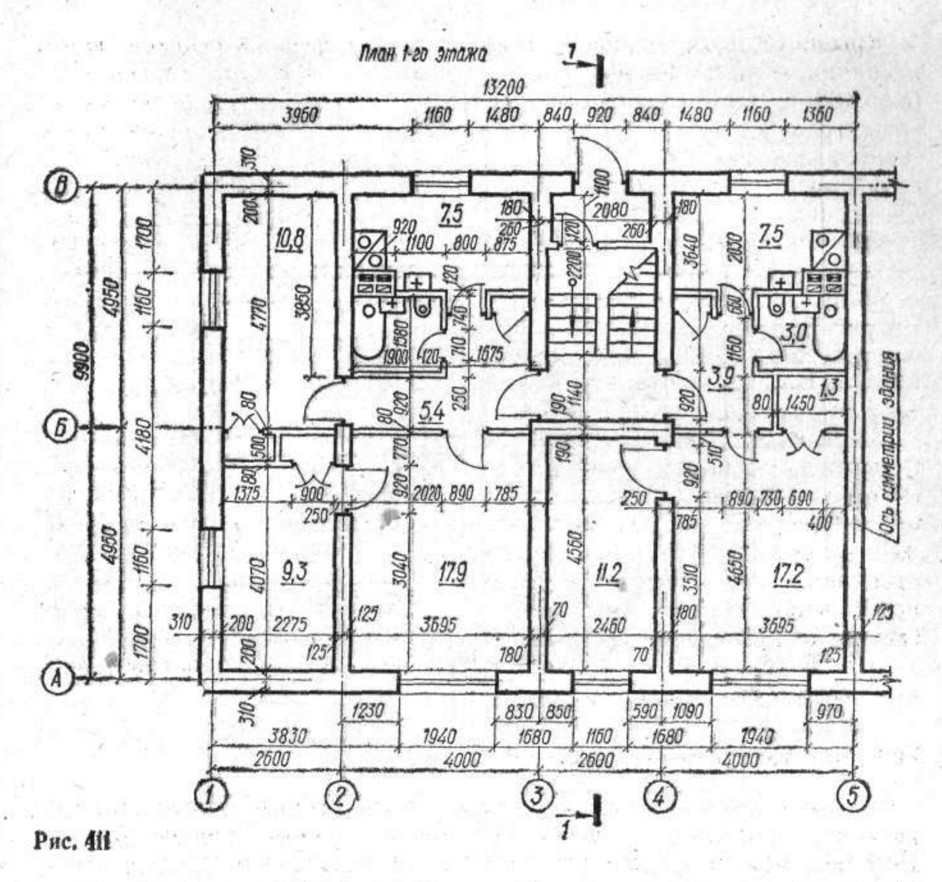


Рис. 411

и перегородок к разбивочным осям; б) толщину стен и перегородок; в) размеры помещений в свету; г) размеры дверных проемов, печей и других конструктивных элементов. На плане проставляют площадь отдельных помещений в квадратных метрах. Наименование помещений и их площадь подчеркивают.

Разрезы зданий. При помощи разрезов выявляют внутреннюю конструкцию здания: высоту этажей, глубину заложения фундамента, конструкцию перекрытий и лестниц, высоту дверных и оконных проемов и др. (рис. 412). В зависимости от положения секущей плоскости различают разрезы продольные и поперечные. Секущие плоскости располагают так, чтобы в разрез попали дверные и оконные проемы и наиболее сложные в конструктивном отношении части здания: лестничные клетки, шахты подъемников, световые фонари и т. п. Попавшие в разрез элементы конструкции здания полностью не вычерчиваются, а показываются лишь контурами. Например, междуэтажное перекрытие изображается двумя линиями на уровне пола и потолка, а конструкция перекрытия указывается в виде выносного элемента или последовательной записью всех составных частей перекрытия (рис. 412). Контуры здания, попавшие в разрез, обводят

1-1

Волнистая асбофанера
Обрешетка 50×60
Стропила из досок 20×50×150

Ж.-б. перемычка

Защитная корка 20
Минер. войлок 80
Ж.-б. панель 220
Затирка 5

Дощатый пол 37
Звукоизоляция
Ж.-б. панель 220
Затирка 5

Цементный пол 30
Бетонная подготовка 80
Насыпной утрамбованный грунт

Дощатый пол 37
Лаги 80×50 через 800
Кирпичные столбики 250×250
Известковый бетон 200
Уплотненный грунт 600

Гидроизоляция 2 слоя рубероида

В
Б
А

Рис. 412

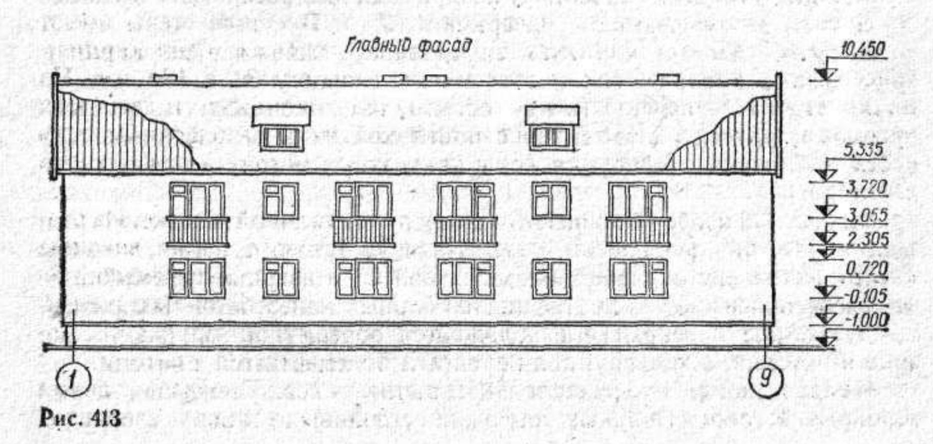


Рис. 413

линией толщиной 0,8—1 *мм*, а элементы, расположенные за секущей плоскостью,— линией толщиной 0,3 *мм*.

На разрезе проставляют следующие размеры: а) расстояния между разбивочными осями; б) высоту помещений в свету; в) толщину перекрытий; г) высоту оконных и дверных проемов; д) отметки (в метрах) конструктивных элементов здания — чистого пола, оконных проемов, карниза, конька крыши и др.

В продольных разрезах при любом положении секущей плоскости крышу принято показывать рассеченной по коньку, а в поперечных разрезах — рассеченной по центральной части здания.

Фасады. Чертеж фасада показывает внешний облик здания (рис. 413). По этому чертежу можно судить о расположении архитектурных и конструктивных элементов здания: окон, дверей, балконов, пилястр и др. В крупноблочных и панельных зданиях на фасаде показывают разрезку (членение) стен на панели и блоки. Фасад, на котором указаны марки отдельных панелей и блоков, называют *монтажным*. Фасады выполняют со всех сторон здания и над чертежами надписывают: «Главный фасад», «Дворовый фасад» и т. д. За контур фасадов выносят и надписывают высотные отметки уровня земли и отдельных элементов здания. Нулевым уровнем служит уровень пола первого этажа. На чертежах показывают крайние разбивочные оси здания. Фасад обводят линией толщиной 0,4—0,6 *мм*, а контур земли — линией 1—1,5 *мм*.

26.6. Чтение архитектурно-строительных чертежей

На рис. 411 изображен план восьмиквартирного жилого дома. Здание имеет прямоугольную форму и по оси *5* делится поперечной стеной на две симметричные секции. Секция каждого этажа состоит из двух изолированных квартир — трех-и двухкомнатных, с кухнями и санузлами. Кухня оборудована газовой плитой и раковиной. Отопление — центральное. Дымовая труба имеет только вентиляционные каналы.

Маркировка осей продольных стен здания обозначена буквами *А*, *Б* и *В*, а поперечных — цифрами *1*, *2*, *3*. Внешние стены имеют толщину 510 *мм* (два кирпича), внутренние — 250 *мм* (один кирпич). Перегородки в различных местах имеют толщину 80 и 120 *мм*. На плане указаны размеры между осями стен, оконными и дверными проемами, размеры простенков с привязкой их к разбивочным осям здания. Площадь комнат указана в квадратных метрах и подчеркнута чертой.

На рис. 412 изображен разрез здания по лестничной клетке. Из разреза видно, что фундамент — ленточный из бутового камня, внешние и внутренние стены — кирпичные, оконные и дверные перемычки — железобетонные, лестница собрана из сборных железобетонных элементов, стропила — деревянные, досчатые с обрешеткой брусками, покрытие крыши выполнено волнистыми асбоцементными плитами.

Междуэтажные и чердачное перекрытия условно показаны двумя линиями. В пояснительных надписях указано, из каких элементов

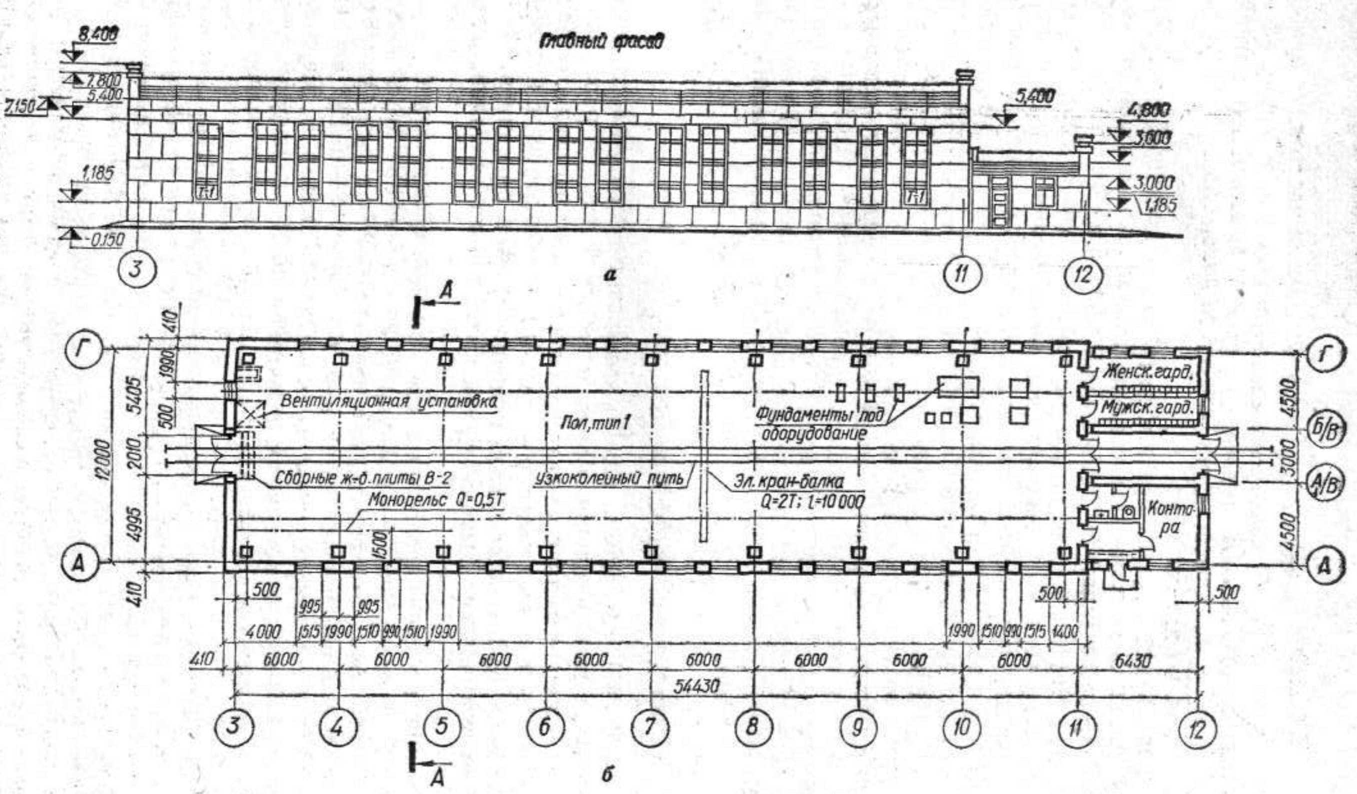

Главный фасад
8,400
7,800
5,400
7,150
1,185
-0,150
5,400
4,800
3,600
3,000
1,185
а
Вентиляционная установка
Пол, тип 1
Фундаменты под оборудование
Сборные ж-б. плиты В-2
Узкоколейный путь
Эл. кран-балка Q=2Т; L=10 000
Монорельс Q=0,5Т
Женск. гард.
Мужск. гард.
Конто-ра
12000
54430
б

Рис. 414

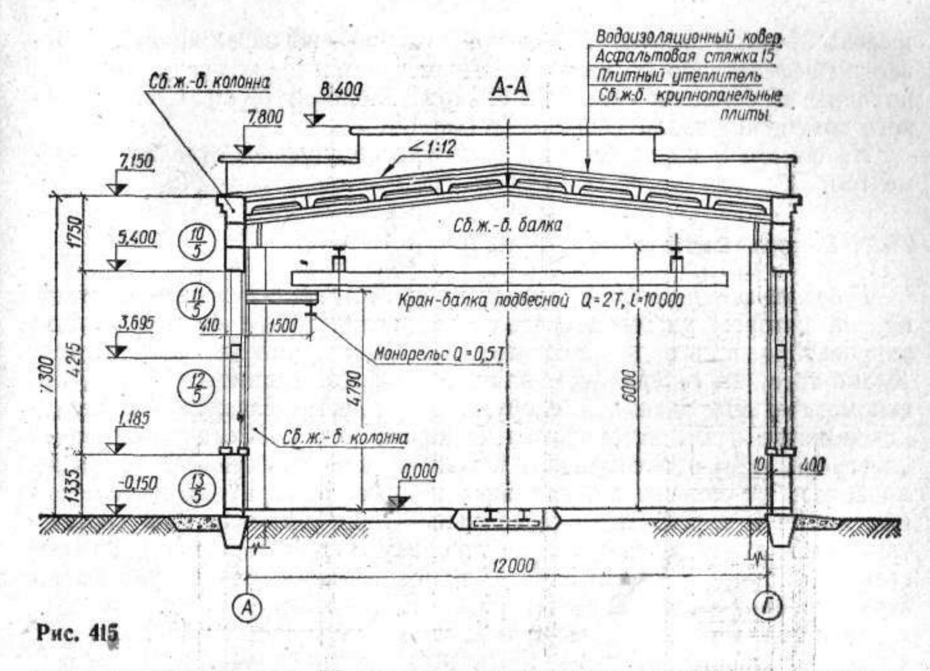


Рис. 415

слагается перекрытие. На разрезе проставлены отметки пола, потолка, оконных и дверных проемов, фундамента, конька и других элементов здания. Нулевую отметку имеет пол первого этажа. Указанные размеры дают представление о высоте помещений, окон, толщине стен, ширине лестничной клетки и других частей здания.

На рис. 413 изображен главный фасад этого здания. Из чертежа видно, что здание двухэтажное с выходами во двор, имеет четыре балкона, выходящие на улицу. Крыша здания двухскатная со слуховыми окнами. Здание имеет четыре трубы. С правой стороны главного фасада проставлены отметки тротуара, цоколя, оконных проемов, балконов и конька крыши.

На рис. 414, *а* в масштабе 1 : 200 изображен главный фасад арматурного цеха, на рис. 414, *б* — план цеха, а на рис. 415 — выполнен разрез этого здания. Из чертежей видно, что здание цеха одноэтажное, однопролетное прямоугольной формы с шириной пролета 12 *м* и высотой 6 *м*; к правому крылу здания примыкает контора и бытовые помещения (гардеробы и санузел).

Через весь цех и специальный проезд в пристройке проходит узкоколейная железная дорога. Цех оборудован монорельсом грузоподъемностью 0,5Т и электрическим краном-балкой грузоподъемностью 2Т.

В правом верхнем углу на плане цеха предусмотрены фундаменты под оборудование. На плане указан тип пола (*тип 1*) и направление открывания дверных створок.

Несущая конструкция цеха состоит из сборных железобетонных колонн, на которые уложены железобетонные балки с уклоном для двухскатной крыши. На балках уложены сборные крупнопанельные

железобетонные плиты. Покрытие крыши — водоизоляционный ковер по асфальтовой стяжке с плитным утеплителем. Стены цеха выполнены из больших бетонных блоков толщиной 40 *см*. Стены бытового помещения также собраны из блоков.

На фасаде и в разрезе указаны отметки уровней отдельных элементов здания.

26.7. Генеральный план

Генеральным планом называют план застройки земельного участка, на котором указывают взаимное расположение существующих, запроектированных и реконструируемых зданий и сооружений. Кроме того, на генеральном плане указывают границы участка, все вспомогательные здания и сооружения, зеленые насаждения, железнодорожные пути, автомобильные дороги и т. п. Если необходимо, на генеральном плане наносят наземную и подземную сети электропроводов, трубопроводов, канализационные, телеграфные и телефонные линии и т. д. Обычно генеральный план размещают на чертеже так, чтобы линия «юг — север» шла снизу вверх параллельно боковой стороне формата. В других случаях направление меридиана указывают стрелкой, направленной на север.

Генеральные планы вычерчивают в масштабе 1 : 500, 1 : 200, 1 : 100. Условные обозначения изображаемых объектов указывают в принятом масштабе.

Из размеров на генеральном плане проставляют лишь размеры земельного участка, ширину проездов, площадок специального назначения и т. п. К генеральному плану прилагают экспликацию, на которой перечисляют все изображаемые на плане сооружения и другие объекты.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. В чем отличие архитектурно-строительных чертежей от инженерно-строительных?
2. Какие масштабы применяют на строительных чертежах?
3. Как условно изображают на чертежах термоизоляцию, металлы на фасаде и в разрезе, окна, двери, дымоходы и плиты?
4. Каково назначение фундамента и как разделяют фундаменты?
5. Какое назначение стен здания? Что такое цоколь?
6. Из каких конструктивных элементов состоит перекрытие?
7. Как разделяются крыши и из чего они состоят?
8. Из каких элементов состоят лестницы? Какие размеры имеет ступень?
9. Что такое план здания и какие элементы здания изображают на плане?
10. Для чего выполняют разрезы здания и какие элементы раскрывает разрез?
11. Что дает чертеж фасада здания?
12. Что называется генеральным планом и какие элементы на нем изображают?

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ КАРТ ПРОГРАММИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

Форматы. Линии чертежа

1 — 5. 2 — 8. 3 — 3. 4 — 29. 5 — 35, 36, 37, 41. 6 — 22. 7 — 14. 8 — 27. 9 — 45. 10 — 12.

Нанесение размеров

1 — *г*. 2 — *б*. 3 — *а*. 4 — *в*. 5 — *а*. 6 — *г*. 7 — *б*. 8 — *б*. 9 — *в*. 10 — *г*.

Сопряжения

1 — A; C. 2 — B; D. 3 — R_3. 4 — R_4. 5 — $(R_3 - R_1)$. 6 — $(R_3 - R_5)$. 7 — $(R_4 - R_1)$. 8 — $(R_4 + R_2)$. 9 — O_2. 10 — O_4. 11 — BD. 12 — AC.

Лекальные кривые

1 — 6. 2 — 4. 3 — 9. 4 — 3. 5 — 4. 6 — 3. 7 — 16. 8 — 2. 9 — 14. 10 — 7.

Проецирование точки

1 — II. 2 — III. 3 — IV. 4 — III. 5 — V. 6 — I. 7 — I. 8 — I. 9 — II. 10 — II.

Проецирование прямой линии

1 — II. 2 — II. 3 — III. 4 — II. 5 — IV. 6 — III. 7 — II. 8 — III. 9 — I. 10 — II.

Проецирование плоскости

1 — фронтально проецирующая. 2 — общего положения. 3 — точки 2; 3; 5; 7. 4 — нет. 5 — на рис. 4; 7. 6 — на рис. 4. 7 — на рис. 9; 10; 11. 8 — на рис. 13; 16.

Аксонометрические проекции

1 — рис. 1 — прямоугольная изометрия; рис. 2 — прямоугольная диметрия; рис. 3 — горизонтальная косоугольная изометрия. 2 — $p = 0{,}94$; $r = 0{,}94$; $q = 0{,}47$. 3 — вторичная проекция точки A. 4 — в прямоугольной аксонометрии проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости аксонометрических проекций, а в косоугольной — неперпендикулярны. 5 — рис. 4, 6 и 7; рис. 4 отвечает фронтальной плоскости, рис. 6 — горизонтальной, а рис. 7 — профильной. 6 — величина большой и малой осей эллипса, в которую проецируется окружность в прямоугольной диметрии, лежащая во фронтальной плоскости. 7 — рис. 9, 11 и 13; рис. 9 отвечает горизонтальной плоскости, рис. 11 — профильной и рис. 13 — фронтальной. 8 — в горизонтальной косоугольной изометрии. 9 — размеры 20, ⌀ 15. 10 — в горизонтальной и профильной плоскостях штриховка выполнена неверно, так как размеры по оси y' не сокращены в два раза.

Способы преобразования проекций

1 — способом замены плоскостей проекций. 2 — способом плоскопараллельного перемещения. 3 — рис. 4; 5. 4 — относительно Π_2.

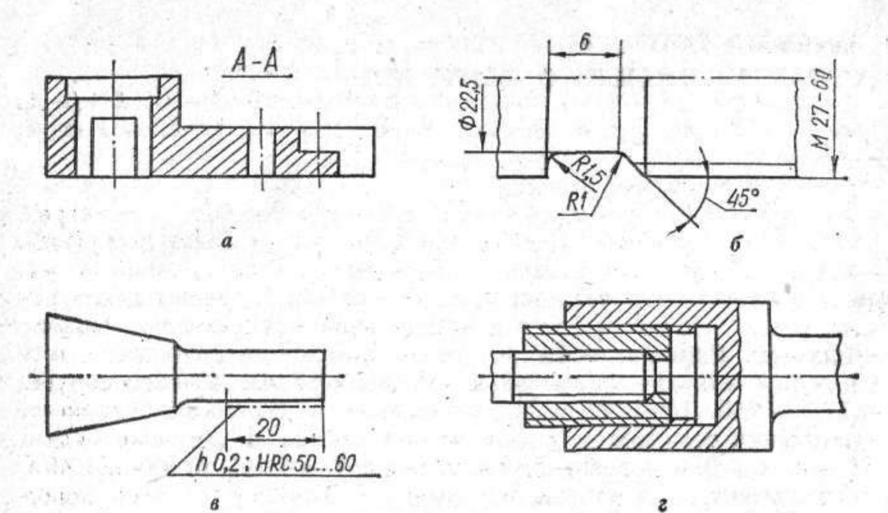


Рис. 416

5 — ось вращения; плоскость вращения точки *А*. 6 — фронтальная плоскость $П_2$. 7 — относительно горизонтального следа σ_1. 8 — нет. 9 — 54 *мм*. 10 — приблизительно 1920 *мм*^{2}.

Проецирование геометрических тел

Карта № 1. 1 — *9А*. 2 — *11А*. 3 — *1А*. 4 — *5А*. 5 — *12А*. 6 — *10А*. 7 — *3А*. 8 — *2А*. 9 — *6А*. 10 — *4А*. 11 — *7А*. 12 — *8А*.

Карта № 2. 1 — *4А*. 2 — *7А*. 3 — *12А*. 4 — *10А*. 5 — *8А*. 6 — *2А*. 7 — *1А*. 8 — *5А*. 9 — *11А*. 10 — *9А*. 11 — *6А*. 12 — *3А*.

Карта № 3. 1 — *3А*. 2 — *7А*. 3 — *9А*. 4 — *5А*. 5 — *12А*. 6 — *2А*. 7 — *10А*. 8 — *6А*. 9 — *11А*. 10 — *8А*. 11 — *4А*. 12 — *1А*.

Сечение геометрических тел плоскостями

Карта № 1. *I* — 1. *II* — 19. *III* — 23. *IV* — 4. *V* — 24. *VI* — 14. *VII* — 5. *VIII* — 11. *IX* — 2. *X* — 11. *XI* — 2. *XII* — 22. *XIII* — 20. *XIV* — 5. *XV* — 4. *XVI* — 10.

Карта № 2. *I* — 4. *II* — 7. *III* — 1. *IV* — 8. *V* — 9. *VI* — 3. *VII* — 6. *VIII* — 5. *IX* — 2.

Взаимное пересечение поверхностей

1 — 2; 3; 5. 2 — 1; 3. 3 — 7; 8. 4 — 4. 5 — 6. 6 — *I* — часть эллипса; *II* — две дуги параболы; *III* — часть эллипса. 7 — *C*; *D*. 8 — 1; 2; 3; 5; 6; 7; 8. 9 — 2; 3; 7; 8. 10 — 1; 5.

Виды

1 — главный вид. 2 — вид снизу. 3 — местный вид. 4 — два. 5 — два. 6 — вид Б повернуто. 7 — четыре. 8 — вид А. 9 — *б*; *в*; *д*. 10 — часть сферы; цилиндр; часть тора; параллелепипед. 11 — точка *II*.

Разрезы

1 — сложный ломаный. 2 — простой горизонтальный. 3 — простой фронтальный. 4 — сложный ступенчатый. 5 — на рис. 2. 6 — на рис. 3. 7 — на рис. 3. 8 — три плоскости. 9 — местный. 10 — на рис. 8. 11 — точка *8*. 12 — точка *4*. 13 — см. рис. 416, *а*.

Сечения

Карта № 1. **I** — 3. **II** — 4. **III** — 2. **IV** — 1. **V** — 3.

Карта № 2. **А—А**—1. **Б—Б**—9. **В—В**—4. **Г—Г**—11. **Д—Д**—5. **Е—Е**—2. **Ж—Ж**—7. **З—З**—10. **И—И**—12. **К—К**—8. **Л—Л**—3. **М—М**—6.

Резьба и резьбовые изделия

1 — *б*. **2** — *а*; *б*; *г*. **3** — *а*; *в*. **4** — *а*; *б*; *г*. **5** — *в*; *г*. **6** — болт с шестигранной головкой исполнения *2*, нормальной точности, с диаметром резьбы 12 *мм*, крупным шагом резьбы и полем допуска 8*g*, длиной 80 *мм*, класса прочности 6.6, без покрытия. **7** — резьба упорная с диаметром 70 *мм*, шагом 16 *мм*; резьба трапецеидальная, трехзаходная, диаметр резьбы — 60 *мм*, шаг — 8 *мм*, левая; резьба метрическая с мелким шагом, диаметр резьбы — 64 *мм*, шаг — 2 *мм*, с полем допуска 6*g*. **8** — гайка шестигранная исполнения *1*, нормальной точности изготовления, с диаметром метрической резьбы 12 *мм*, шаг мелкий 1,25 *мм*, с полем допуска 6*H*, класса прочности 12 из стали 40Х, с покрытием 01 толщиной 6 *мкм*. **9** — винт с потайной головкой, исполнение *2*, нормальной точности, с диаметром резьбы 12 *мм*, с крупным шагом резьбы и полем допуска 8*g*, длиной 40 *мм*, класса прочности 5.6, без покрытия. **10** — шпилька типа *Б*, повышенной точности, с диаметром резьбы 16 *мм*, мелким шагом резьбы 1,5 *мм* и полем допуска 6*g*, длиной 100 *мм*, длиной резьбового конца 38 *мм*, длиной ввинчиваемого конца 20 *мм*, класса прочности 5.8, с покрытием 01 толщиной 6 *мкм*.

Рабочие чертежи и эскизы деталей

1 — по направлению *III*. **2** — три сечения. **3** — 14 размеров. **4** — ▽ 8; ▽ 1; ▽ 3; ▽ 5; ∾ **5** — *а*, *в*, *г*. **6** — Ст3 ГОСТ 380—71; Сталь 25 ГОСТ 1050—60; Л 68 ГОСТ 15527—70. **7** — комбинированный способ. **8** — см. рис. 416, *б*. **9** — $b_1 = 8$ *мм*; $d_4 = 28$ *мм*; $r = 2$ *мм*; $r_1 = 1$ *мм*. **10** — см. рис. 416, *в*.

Разъемные соединения

1 — *A* — шайба; *B* — гайка; *C* — болт; *D* — головка болта. **2** — $H = 0{,}8d$; $S = 1{,}73d$; $l_0 = 2d + 6$ *мм*; $d_2 = 1{,}1d$. **3** — $l = 85{,}8$ *мм*. **4** — часть *1* называется резьбовым концом под гайку; часть *2* называется ввинчиваемым резьбовым концом. **5** — болт с шестигранной головкой нормальной точности изготовления, исполнение *2*, диаметр метрической резьбы 16 *мм*, шаг мелкий 1,5 *мм*, поле допуска резьбы 6*g*, длина болта 80 *мм*, класс прочности 5.8, без покрытия. **6** — шпилька типа *Б*, нормальной точности изготовления, диаметр метрической резьбы 18 *мм*, резьба с крупным шагом, поле допуска резьбы 8*g*, длина шпильки 100 *мм*, длина ввинчиваемого резьбового конца 24 *мм*, длина резьбового конца под гайку 42 *мм*, класс прочности 10.9, материал — легированная сталь 40Х, покрытие 01 толщиной 6 *мкм*. **7** — $l = 57$ *мм*. **8** — $l_3 = 10$ *мм*. **9** — см. рис. 416, *г*.

Сварные соединения

1 — угловой шов. **2** — стыковой шов. **3** — С6. **4** — Т2. **5** — *I* — *5*; *II* — *1*; *III* — *6*; *IV* — *2*; *V* — *3*; *VI* — *4*. **6** — на выпуклые, вогнутые и плоские. **7** — *а* — «шов по замкнутой линии»; *б* — «шов выполняется при монтаже изделия»; *в* — «усиление шва снять». **8** — шов стыкового

соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый ручной электродуговой сваркой при монтаже изделия. Усиление шва снять. Шероховатость поверхности шва ∇ 3. **9** — шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый электродуговой ручной сваркой. Катет шва 6 *мм*. Длина провариваемого участка 50 *мм*, шаг между участками 100 *мм*. Сварка по замкнутому контуру.

Зубчатые передачи

1 — $d_f = m\ (z - 2{,}5)$. **2** — $d_a = 272$ *мм*. **3** — $h = 18$ *мм*. **4** — тонкой штрих-пунктирной линией. **5** — $m = 4$ *мм*. **6** — внешний дополнительный конус. **7** — конус вершин зубьев. **8** — угол головки зуба. **9** — на рис. 2, *в*. **10** — $d_f = m\,(z - 2{,}5 \cos \delta)$. **11** — 156 *мм*. **12** — на рис. 3, *б*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. П. Проверка чертежей. Судпромгиз, 1951.
2. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. М., «Высшая школа», 1971.
3. Барсуков П. В. Строительное черчение. М., «Высшая школа», 1971.
4. Баталов Н. М., Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. М., Машгиз, 1962.
5. Боголюбов С. К., Воинов А. В. Машиностроительное черчение. М., «Высшая школа», 1970.
6. Галкин В. Д., Обидаров В. Н. Простановка размеров, допусков и условных обозначений на чертежах. М., «Машиностроение», 1967.
7. Герб М. А. Составление и чтение машиностроительных чертежей. Л., Машгиз, 1963.
8. Годик Е. И., Лысянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. Техническое черчение. К., «Вища школа», 1972.
9. Годик Е. И., Хаскин А. М. Справочное руководство по черчению. М., «Машиностроение», 1974.
10. Дружинин Н. С., Цылбов П. П. Курс черчения. М., «Высшая школа», 1971.
11. Загоруйко В. И. Зубчатые и червячные передачи. М., «Высшая школа», 1964.
12. Квитницкий А. В., Павлов А. В. Выполнение рабочих чертежей. М., Машгиз, 1955.
13. Кириллов А. Ф., Соколовский М. С. Черчение и рисование. М., «Высшая школа», 1972.
14. Крот А. М. Машиностроительное черчение для учителей. К., «Радянська школа», 1963.
15. Куликов А. С. Проекционное черчение. М., «Машиностроение», 1967.
16. Маркаров С. М. Краткий словарь-справочник по черчению. Л., «Машиностроение», 1970.
17. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. «Советская наука», 1961.
18. Соловьев С. А., Буланже В. Г., Шульга А. К. Черчение и перспектива. М., «Высшая школа», 1967.
19. Хаскин А. М., Воеводский С. А., Красниц З. Я. Курс черчения для заочных техникумов, ч. 1 и 2-я. К., «Техніка», 1965.
20. Хаскін А. М. Креслення. К., «Вища школа», 1972.
21. Щербина В. В. Побудова технічного рисунка. К., «Вища школа», 1970.
22. Государственные стандарты ЕСКД (Единой системы конструкторской документации) 1968—1973.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Хаскин Абрам Михайлович

ЧЕРЧЕНИЕ

Учебник для учащихся техникумов

Издательское объединение «Вища школа»
Головное издательство

Редактор *Г. В. Елисеева*
Обложка художника *Г. М. Балюна*
Художественный редактор *С. П. Духленко*
Технический редактор *Л. Ф. Волкова*
Корректор *Г. И. Власенко*

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание

20 110 10 185 15 min 8

ср 266

Сдано в набор 27.06 1974 г. Подписано к печати 20.09 1974 г. Формат бумаги $60 \times 90\ ^1/_{16}$. Бумага тип. № 2. Печ. л. 28. Уч.-изд. л. 29,15. Тираж 55 000. Изд. № 2131. БФ 31123. Цена 93 коп. Зак. № 4—1662.

Головное издательство издательского объединения «Вища школа» 252054, Киев, 54, Гоголевская, 7.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, г. Киев, ул. Довженко, 3.

93 коп.

